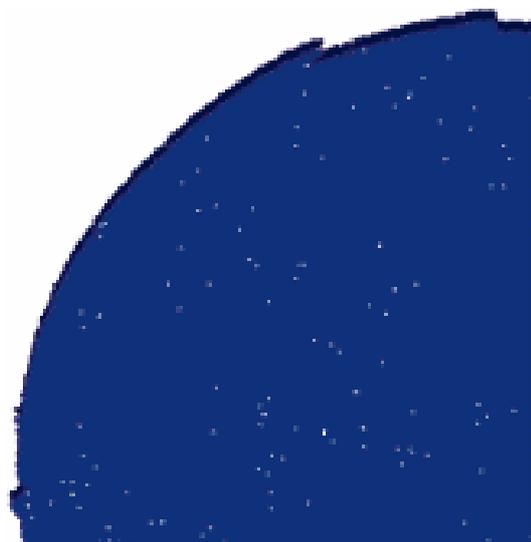


ETUDE

Décembre 2006

Marchés du WiFi en France et potentiel des réseaux maillés

*Etude réalisée par le cabinet SagaTel pour le compte de
l'Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes*



AVERTISSEMENT DE L'AUTORITE DE REGULATION DES COMMUNICATIONS ELECTRONIQUES ET DES POSTES

L'Autorité a fait effectuer par le cabinet SagaTel une étude relative aux marchés du WiFi et au potentiel des réseaux maillés en France.

Dans un souci de transparence et d'information ouverte, elle a décidé de rendre publique une synthèse de cette étude.

La méthodologie utilisée et les résultats obtenus sont de la seule responsabilité de SagaTel et n'engagent pas l'Autorité.

Les parties intéressées sont invitées, le cas échéant, à faire part de leurs commentaires à l'ARCEP.

LES AUTEURS DE L'ETUDE :

Thanh Nguyen, Didier Verhulst, Gonzague Montmorency

Marchés du WiFi en France, et potentiel des réseaux maillés

Table des matières

EXECUTIVE SUMMARY	1
1. Introduction	1
1.1. D'un standard de réseau local d'entreprise à des services d'opérateurs	1
1.2. Le cadre du régime expérimental WiFi en France	2
1.3. Objectifs de l'étude	2
2. Les marchés de services WiFi en France en 2006	3
2.1. En 2006, 37 000 Hot Spots payants, dont 3 600 Hot Spots d'opérateurs	3
2.2. En 2006, des recettes de 18 M€ pour les Hot Spots en France, avec un cœur de marché dans les hôtels.....	4
2.3. Le WiFi offert : un phénomène encore marginal.....	5
2.4. Le WiFi en zone rurale :	7
2.5. De nouveaux usages du WiFi stimulés, dans la sphère domestique, par la forte pénétration de l'ADSL	7
2.6. Conclusion sur le marché WiFi en France.....	9
3. Perspectives du WiFi	9
3.1. Evolutions fonctionnelles et industrielles de la norme	9
3.2. Nouvelles dimensions pour le WiFi : les défis.....	10
3.3. Le WiFi au cœur de la convergence fixe-mobile	10
3.4. Points forts et points faibles du WiFi en tant que technologie de réseaux publics	11
3.5. Conclusion sur les perspectives.....	12
4. Potentiel des réseaux maillés	13
4.1. Les réseaux maillés aux Etats Unis : retour d'expériences.....	13
4.2. Les réseaux maillés en France	15
4.3. Conclusion sur le WiFi maillé.....	17
5. Conclusion	17

Partie I. Introduction au WiFi	19
I.1. Une norme sans cesse enrichie, du fait d'une demande croissante et de la réactivité du marché.....	19
I.2. Les bandes allouées au WiFi sont libres d'usage.....	19
I.2.1. Le cadre réglementaire du WiFi en France.....	20
I.2.1.1. <i>Le régime expérimental appliqué au WiFi en France aujourd'hui.....</i>	<i>20</i>
I.2.1.2. <i>Une limitation de puissance basée sur la notion de PIRE en Europe.....</i>	<i>20</i>
I.2.1.3. <i>Comparaison des différentes réglementations appliquées au WiFi.....</i>	<i>21</i>
I.2.2. Les pistes d'évolution du cadre réglementaire.....	21
I.2.2.1. <i>Études conduites par le régulateur anglais (OFCOM).....</i>	<i>22</i>
I.2.2.2. <i>Utilisation du WiFi aux Etats-Unis : une pratique de la régulation différente et un règlement des interférences a posteriori.....</i>	<i>22</i>
I.3. Un dynamisme important et des innovations sur le marché des équipements tardant à se généraliser.....	23
I.3.1. Des composants produits à très grande échelle et normalisés	23
I.3.2. Un parc d'équipements important ayant des rythmes d'adoption des nouvelles normes différents entre secteur privé et secteur public.....	23
I.4. Conclusion	24
Partie II. Les marchés de services WiFi en France en 2006.....	25
II.1. Éléments de synthèse sur le marché WiFi en France.....	25
II.2. Le marché des accès Internet à partir de Hot Spots payants.....	26
II.2.1. Description générale du marché.....	26
II.2.1.1. <i>Un marché segmenté en niches indépendantes que se partagent quelques opérateurs</i>	<i>26</i>
II.2.1.2. <i>Un acteur structurant de ce marché : l'initiative « Wireless Link », une originalité française.....</i>	<i>26</i>
II.2.1.3. <i>Orange, acteur principal du marché.....</i>	<i>26</i>
II.2.2. Données quantitatives : nombre de Hot Spots et trafic transporté.....	26
II.2.2.1. <i>En 2006, 34 000 Hot Spots, dont 3 600 Hot Spots d'opérateurs.....</i>	<i>26</i>
II.2.2.2. <i>Un trafic qui double chaque année et des volumes de roaming minoritaires</i>	<i>28</i>
II.2.3. Un marché de 18 M€ en 2006, provenant essentiellement du secteur hôtelier... ..	28
II.2.4. Description des différents segments relatifs au marché des Hot Spots payants .	29
II.2.4.1. <i>Le segment des hôtels : le principal marché de Hot Spots WiFi avec un chiffre d'affaires de 13-14 M€, est tiré par les opérateurs télécoms.....</i>	<i>29</i>
II.2.4.2. <i>Le marché des aéroports, un marché d'environ 3 M€</i>	<i>32</i>
II.2.4.3. <i>Le marché des centres de congrès, un marché de moins de 1 M€</i>	<i>33</i>
II.2.4.4. <i>Le marché des gares, un marché de moins de 500 k€.....</i>	<i>34</i>
II.2.4.5. <i>Autres segments du marché.....</i>	<i>34</i>
II.3. Les Hot Spots WiFi à usage offert : un phénomène encore secondaire.....	35
II.3.1. Le marché du WiFi offert par les commerçants : un modèle local encore peu structuré de moins de 0,5 M€.....	35
II.3.1.1. <i>De petits acteurs localisés en région parisienne, gérant un faible nombre de Hot Spots</i>	<i>35</i>
II.3.1.2. <i>Des modes de rémunération et des niveaux de prestation divers.....</i>	<i>36</i>
II.3.1.3. <i>Un marché d'un demi-million d'euros qui cherche de nouvelles pistes de développement... ..</i>	<i>37</i>
II.3.2. Le marché du WiFi gratuit offert par les collectivités : entre image de marque et service public	38
II.3.2.1. <i>Une compétence d'opérateur de réseaux ouverts au public définie par l'article L. 1425-1 du Code Général des Collectivités Territoriales.....</i>	<i>38</i>

II.3.2.2.	<i>Des conditions de mises en œuvre restreintes pour limiter les impacts sur le marché concurrentiel.....</i>	38
II.4.	Le WiFi en zone rurale	39
II.4.1.	Etat des lieux.....	39
II.4.2.	Un marché occupé par des acteurs alternatifs.....	39
II.4.3.	Les atouts du WiFi pour desservir les zones blanches.....	40
II.4.3.1.	<i>Des coûts d'équipements et de déploiement abordables.....</i>	40
II.4.3.2.	<i>Le WiFi, une technologie de desserte à coût réduit.....</i>	40
II.4.4.	Principaux retours d'expérience sur les architectures WiFi rurales.....	40
II.4.4.1.	<i>Des expériences qui se développent mais qui trouvent des limites dans le réseau de collecte.....</i>	40
II.4.4.2.	<i>Conclusions sur l'utilisation du WiFi en zone rurale</i>	41
II.5.	Les nouveaux services convergents WiFi.....	42
II.5.1.	L'essor des réseaux domestiques multiservices.....	42
II.5.2.	Contexte : la pénétration du haut débit auprès des ménages français génère de plus en plus de trafic « domestique ».....	42
II.5.2.1.	<i>Le parc DSL français : une base dense qui pourrait permettre de réaliser une couverture radio en zone urbaine</i>	42
II.5.2.2.	<i>Quelques agglomérations pourraient être couvertes au moyen de box résidentielles ouvertes aux tiers.....</i>	43
II.5.3.	Les nouveaux usages du WiFi dans la sphère domestique et privée.	44
Partie III.	Nouvelles perspectives du WiFi.....	45
III.1.	Evolutions fonctionnelles de la norme.....	45
III.1.1.	Les nouvelles déclinaisons de la norme.....	45
III.1.1.1.	<i>Une sécurité en cours d'amélioration.....</i>	45
III.1.1.2.	<i>Des limitations de portée compensées par la qualité des antennes et/ou l'ouverture de nouvelles bandes</i>	46
III.1.2.	Des réseaux privés aux infrastructures de réseau public	46
III.1.2.1.	<i>Une dynamique d'innovation soutenue par les industriels</i>	47
III.1.2.2.	<i>La mobilité entre points d'accès : une évolution acquise en entreprise mais qui débute sur les réseaux publics</i>	47
III.1.2.3.	<i>Amélioration de l'offre de terminaux.....</i>	47
III.1.3.	Les réseaux maillés : de nouvelles opportunités pour le WiFi	48
III.1.3.2.	<i>Une architecture qui se dégage : 2,4 GHz en desserte, 5 GHz en collecte.....</i>	49
III.1.3.3.	<i>Le consensus autour d'une norme reste à trouver : deux approches pour la gestion du maillage</i>	49
III.1.3.4.	<i>Solutions propriétaires ou solutions standardisées.....</i>	49
III.2.	Le WiFi au centre de la convergence des réseaux IP.....	50
III.2.1.	Le WiFi est-il une alternative au GSM pour la téléphonie mobile ?	50
III.2.1.1.	<i>Contraintes de la qualité de service vocale</i>	50
III.2.1.2.	<i>Potentiel des réseaux maillés comme alternative aux réseaux cellulaires.....</i>	50
III.2.1.3.	<i>Le WiFi face aux technologies cellulaires 3G aux Etats-Unis.....</i>	51
III.2.2.	La complémentarité entre WiFi et cellulaire.....	52
III.2.2.1.	<i>Le WiFi parmi les technologies radio qui convergent toutes vers l'IP</i>	52
III.2.2.2.	<i>Scénarios de convergence GSM / WiFi.....</i>	52
III.3.	Points forts, points faibles.....	54

Partie IV. Le potentiel des réseaux maillés	55
IV.1. Les réseaux WiFi maillés aux Etats-Unis	55
IV.1.1. Projets municipaux aux Etats-Unis : objectifs et tendances	55
IV.1.1.1. <i>Objectifs poursuivis par les municipalités</i>	<i>55</i>
IV.1.1.2. <i>2003-2006 : l'explosion des projets de réseaux maillés municipaux.....</i>	<i>56</i>
IV.1.1.3. <i>Les projets des petites villes sont un peu éclipsés par les grandes annonces médiatiques</i>	<i>57</i>
IV.1.1.4. <i>Des réseaux maillés privatifs aux fonctionnalités data limitées, aux réseaux ouverts au public multi-usages data et voix.....</i>	<i>57</i>
IV.1.2. Un dimensionnement du réseau variable selon les usages et la densité de la ville.....	59
IV.1.2.1. <i>Choix du nombre de points d'accès</i>	<i>59</i>
IV.1.2.2. <i>Des architectures de collecte essentiellement en WiMax et parfois en fibre</i>	<i>60</i>
IV.1.3. Les performances des réseaux déployés sont satisfaisantes au vu du trafic actuel.....	60
IV.1.4. Une pluralité de montages économiques en fonction des objectifs	61
IV.1.4.1. <i>Huit scénarii de déploiement recensés : objectifs et modèles économiques</i>	<i>61</i>
IV.1.4.2. <i>Des investissements variant dans une fourchette de prix assez large.....</i>	<i>62</i>
IV.1.4.3. <i>Une modalité pérenne et fiable de financement des projets : la commercialisation d'abonnements résidentiels.....</i>	<i>62</i>
IV.1.4.4. <i>Les réseaux municipaux sont pertinents pour des densités de 1500 habitants par km²</i>	<i>63</i>
IV.2. L'exemple Mesh américain est-il transposable à la France ?	64
IV.2.1. Le maillé en France concerne aujourd'hui principalement des projets pilotes... ..	64
IV.2.2. Applications publiques urbaines et rurales	65
IV.2.3. Les réseaux WiFi maillés : une alternative pour les PMR ?	65
IV.2.3.1. <i>L'existence de réseaux radio professionnels alternatifs : un frein potentiel au développement du Wi-Fi maillé</i>	<i>65</i>
IV.2.3.2. <i>Le déploiement de réseaux maillés pourrait être motivé par les besoins croissants d'applications de vidéosurveillance, de télémétrie et de localisation.....</i>	<i>66</i>
IV.2.3.3. <i>Avantage économique : le coût des terminaux.....</i>	<i>66</i>
IV.3. Les réseaux WiFi maillés, soutenus par le dynamisme des industriels, devraient s'imposer dans certains contextes locaux	67
Partie V. Conclusions	68
V.1. La technologie WiFi	68
V.2. Les marchés des réseaux ouverts au public utilisant la technologie WiFi.....	69
V.3. Nouveaux développements industriels	69
V.4. Aspects réglementaires	71
ANNEXES.....	73
Glossaire.....	73
Récapitulatif des entretiens menés	77

FIGURES ET TABLEAUX

Tableau 1 - Récapitulatif des caractéristiques des normes WiFi	19
Figure 2 - Conformité et non-conformité aux limites de PIRE.....	20
Tableau 3 - Comparaison de la réglementation de la PIRE en Europe et aux Etats-Unis	21
Tableau 4 - Puissances et portées estimées en environnement rural.....	22
Tableau 5 - Distribution des Hot Spots et des RLAN « ouverts »	27
Figure 6 - Evolution de l'usage WiFi en France (périmètre des Hot Spots opérateurs)	28
Tableau 7 - Marché des Hot Spots opérateurs.....	29
Figure 8 - Présence des opérateurs sur le marché des Hot Spots d'hôtels en France.....	31
Tableau 9 - Positionnement des principaux des acteurs sur le marché du WiFi offert	36
Tableau 10 – Eléments de coûts des offres WiFi en zone rurale	40
Tableau 11 - Synthèse sur les expérimentations WiFi en rural.....	41
Figure 12 - Croissance du nombre de box DSL en France	43
Tableau 13 - Principales déclinaisons de la norme 802.11	45
Figure 14 - Réseau WiFi maillé	48
Tableau 15 - Offres GSM + WiFi	53
Figure 16 – Evolution du nombre de réseaux municipaux US - Juillet 2005 à sept. 2006	56
Tableau 17 - Evolutions des fonctionnalités sur les réseaux Mesh.....	58
Figure 18 – Densité des PA selon la densité des ménages desservis	59
Tableau 19 – Business Models envisageables pour le déploiement de réseaux municipaux...	61
Tableau 20 – Coûts de déploiement associés aux différents réseaux Mesh.....	63
Tableau 21 – Réseau maillés WiFi et densité des communes.....	64

Marchés du WiFi en France et potentiel des réseaux maillés

EXECUTIVE SUMMARY

1. Introduction

1.1. D'un standard de réseau local d'entreprise à des services d'opérateurs

Le WiFi est une technologie de réseau local radio (RLAN¹) qui fait référence à la famille de spécifications 802.11 (cf § I, « Introduction au WiFi »).

A l'origine, l'objectif de la technologie était d'offrir une extension radio de réseaux locaux d'établissement pour permettre à des utilisateurs d'accéder sans fil au réseau informatique à haut débit de l'entreprise.

Ces usages privés correspondant à un véritable besoin, le marché des équipements a assez rapidement atteint une taille industrielle, ce qui a permis notamment :

- au marché des circuits intégrés WiFi de se stabiliser après avoir traversé différentes phases de maturation, miniaturisation, concentration ; aujourd'hui, la plupart des constructeurs se basent sur les circuits de quelques fondeurs, ce qui limite les problèmes d'interopérabilité entre points d'accès et cartes WiFi ;
- de généraliser l'installation de cartes WiFi sur les équipements terminaux de type ordinateurs portables, avec notamment un fort soutien d'acteurs industriels comme Intel à partir des années 2001-2002.

Parallèlement, les utilisateurs professionnels demandent de plus en plus d'accéder à leur Intranet en dehors de l'enceinte de leur entreprise, à partir de sites distants comme les centres d'affaires, les aéroports, les hôtels, etc. Ce besoin croissant d'usages nomades, encouragé par le développement des services GSM, a conduit les opérateurs à souhaiter déployer des points de raccordement WiFi. Les autorités ont pris en compte ces nouveaux besoins en autorisant en France, début 2003, le déploiement de réseaux RLAN ouverts au public.

¹ Radio Local Area Network.

1.2. Le cadre du régime expérimental WiFi en France

L'utilisation du WiFi en France est encadrée par un régime expérimental depuis l'adoption par l'ART de Lignes Directrices relatives à l'expérimentation de réseaux ouverts au public utilisant la technologie RLAN du 7 novembre 2002, modifiées le 24 juillet 2003.

Ce dispositif, associé à un régime de déclaration des opérateurs de réseaux ouverts au public, a permis de favoriser le développement d'initiatives originales dans un cadre peu contraignant (simple déclaration, exonération de taxes), et a facilité la construction d'offres de services tant sur le plan économique que technique.

1.3. Objectifs de l'étude

Ce rapport synthétise les principaux résultats d'une étude, réalisée par SagaTel pour l'ARCEP pendant le deuxième semestre 2006, visant à évaluer le dynamisme du marché du WiFi en France afin d'éclairer le régulateur sur, notamment :

- la diversité des initiatives entreprises dans le cadre du régime expérimental et l'apparition de nouveaux usages WiFi;
- l'utilisation, par les acteurs, des bandes de fréquences d'usage libre (2,4 GHz et 5 GHz, notamment la bande 5,4-5,7 GHz, récemment ouverte début 2006) ;
- les relations entre les différents acteurs du secteur (FAI, opérateurs mobiles, équipementiers...)
- les besoins éventuels des acteurs du WiFi en matière de fréquences et de réglementation des puissances d'émission autorisées ;
- le potentiel offert par les architectures WiFi maillées

Le travail de SagaTel a été réalisé à partir d'une analyse documentaire approfondie de la technologie et par le biais d'entretiens concernant à la fois des opérateurs, des collectivités, des industriels français et étrangers et des représentants de collectivités américaines.

Le présent rapport présente les points principaux qui se dégagent de cette étude, et il est organisé en quatre parties :

- Une première partie introductive rappelle les conditions techniques d'utilisation du WiFi :
- La deuxième partie décrit les différents marchés de services associés aux usages WiFi, avec notamment trois volets :
 - le marché d'accès nomade à Internet au travers de Hot Spots, que ce soit pour des services payants ou « offerts » (gratuits pour l'utilisateur final) ;
 - le marché d'accès à Internet à « haut » débit en zone rurale, le WiFi étant utilisé comme technologie alternative en absence du DSL ;
 - le marché de services convergents voix-données sans fil, nomades voire mobiles, supportés par les RLAN domestiques à accès DSL.
- La troisième partie analyse **les nouvelles évolutions du WiFi**, notamment par rapport à ses perspectives d'utilisation dans les réseaux publics d'opérateurs (alors qu'à l'origine, le WiFi était plutôt une technologie de réseaux privés). Elle souligne également les points forts et les points faibles de la norme.

- La quatrième partie porte sur les développements relatifs au **WiFi maillé**, avec en particulier une étude des retours d'expérience sur le marché nord-américain et une analyse du potentiel de cette technologie en France.

2. Les marchés de services WiFi en France en 2006

Les usages du WiFi ont évolué depuis la création de la norme. On propose, dans ce rapport, de les décliner en quatre segments, correspondant chacun à un marché d'équipements et de services (voir § II.1) :

1. Des usages privés de type RLAN à l'intérieur des bâtiments, usages d'origine correspondant à un marché d'équipements dont l'analyse ne fait pas partie de cette étude ;
2. Des usages d'accès Internet à partir de Hot Spots WiFi ouverts au public, correspondant à un marché de services qui s'est développé sous l'impulsion des fournisseurs de services mobiles ;
3. Des usages de desserte rurale pour l'accès à Internet, utilisant le WiFi comme technologie de substitution au DSL quand ce dernier n'est pas disponible, et développés généralement à l'initiative des collectivités territoriales ainsi que par d'autres acteurs (opérateurs ruraux, associations,...) ;
4. En outre, la juxtaposition de RLAN privés haut débit (notamment de boxes), capables de supporter des services convergents voix-données fixes, nomades (voire mobiles), tisse progressivement de nouveaux usages « urbains » à partir d'un réseau dense de points d'accès. Ce nouveau marché potentiel de services est généralement piloté par les fournisseurs de services haut débit en s'appuyant sur les segments 1 et 2.

Le marché traditionnel des équipements WiFi utilisés dans la sphère privée se répartit entre la première catégorie d'usages (routeurs WiFi distribués par les constructeurs/revendeurs et les intégrateurs), et la dernière ("Boxes" WiFi supervisées par des fournisseurs de services).

Les segments 2, 3 et 4 correspondent à des services ouverts au public, pour lesquels une évaluation des usages et un dimensionnement du marché français sont proposés.

2.1. En 2006, 37 000 Hot Spots payants, dont 3 600 Hot Spots d'opérateurs

Le nombre de Hot Spots permettant un accès Internet par WiFi a explosé depuis l'apparition des premières offres en 2003.

En France, le marché des Hot Spots publics payants (*voir § II.2*) a fait l'objet d'une initiative, avec la création, en 2003, de l'association « Wireless Link » regroupant les trois opérateurs mobiles et six autres opérateurs spécialisés (fournisseurs d'accès Internet), pour organiser l'interopérabilité entre leurs installations et favoriser des accords de « roaming »².

Fin 2006, on peut considérer que la France compte environ 37 000 Hot Spots (*voir § II.2.2*) :

² Les accords de roaming permettent aux utilisateurs d'accéder à l'ensemble des Hot Spots de Wireless Link tout en ayant le choix de l'opérateur et du mode de paiement (pré-payé ou post-payé).

- 3 600 sont des Hot Spots publics payants, financés par les opérateurs (investissements dans le déploiement et l'exploitation), et référencés dans des annuaires ;
- 10 000 sont des points d'accès mis en œuvre dans le cadre de RLAN privés – souvent professionnels – permettant des accès grand public grâce à double gestion publique/privée³. Ces Hot Spots ont souvent un accès payant (avec différents modèles économiques) et sont référencés dans des annuaires (6 000 dans l'annuaire de Wireless Link et 4 - 7000 dans l'annuaire de FON⁴) ;
- 20 000 sont des Hot Spots analogues à ceux de la catégorie précédente (mis en œuvre sous forme de Livebox pro Orange) mais non référencés dans des annuaires ;
- il existe enfin quelques centaines de Hot Spots où l'accès à l'Internet est *offert*. Il s'agit principalement de cafés, restaurants ou de lieux de séjour cherchant à capter de nouveaux clients (*voir § II.3.1*).

On observe par ailleurs des initiatives récentes pour promouvoir un accès *gratuit* au WiFi (*voir § II.3.2*) à titre associatif ou à l'initiative de collectivités (quelques centaines de point d'accès en France, avec des tendances similaires à l'étranger).

2.2. En 2006, des recettes de 18 M€ pour les Hot Spots en France, avec un cœur de marché dans les hôtels

Par rapport aux catégories de Hot Spots définies dans le paragraphe précédent, on s'intéresse aux Hot Spots d'opérateurs, c'est-à-dire aux 3 600 sites de la première catégorie, en considérant que les 30 000 autres Hot Spots relèvent plutôt de « variantes » des usages RLAN d'entreprise.

En France, l'utilisation des Hot Spots est encore faible en 2006 mais continue de croître rapidement, de 18 millions de minutes par mois en 2005 à 40 millions de minutes par mois en 2006⁵.

Catégories	Nombre de Hot Spots	Marché 2006 (M€ HT)	Croissance du nombre de sites	Croissance des trafics
Hôtels, Résidences				
Hôtels	3100	13-14	Modérée	CA < 20 M€
Résidences universitaires	20	~ 0,4		
Lieux de déplacement				
Aéroports	25	2-3	Non	Oui
Centres de congrès	300	~ 0,4	Modérée	CA < 1M€
Gares	140	~ 0,3	Non	Modérée
Total	~ 3 600	18 M€	Modérée	

En 2006, le marché des Hot Spots WiFi en France présente les caractéristiques suivantes :

³ Ces points d'accès gèrent simultanément deux réseaux, avec d'un côté, leur réseau WiFi « privé » d'entreprise avec accès aux ressources internes et de l'autre un accès « public » permettant aux utilisateurs de sortir directement vers Internet comme dans le cas d'un hot Spot public

⁴ Entreprise ayant pour ambition de créer un réseau WiFi mondial en s'appuyant sur le partage des connexions haut débit de ses membres.

⁵ Source Wireless Link.

Taille

1. C'est un **marché stabilisé en nombre de sites**, avec 3 600 principaux Hot Spots d'opérateur, répartis sur deux types d'emprises : les lieux de séjour (hôtels), qui constituent l'essentiel de la valeur du marché, et les lieux de déplacement (aéroports, gares SNCF, stations et gares RATP, centres de congrès). (voir § II.2.4). A l'heure actuelle, l'essentiel des recettes provient des hôtels.
2. **Les usages sont en nette croissance**, avec plus qu'un doublement du trafic en 2006. Mais le niveau actuel de chiffre d'affaires, estimé à 18 M€ annuels en 2006, permet tout juste de prévoir un équilibre des comptes d'exploitation à l'issue de plusieurs années de montée en charge.
3. Cependant, ce marché des services d'accès Internet au travers de Hot Spots WiFi devrait rester **un segment de niche au sein des services de communications mobiles**, avec un chiffre d'affaires représentant seulement 0,1% de celui du GSM aujourd'hui⁶.

Acteurs

1. C'est un **marché restreint**. Les acteurs, peu nombreux, sont spécialisés par niche sur des emprises comme les aéroports, les stations et gares RATP ou les gares SNCF.
2. Le faible nombre d'opérateurs présents sur le marché, généralement connus des utilisateurs, permettent de limiter les problèmes de sécurité et de piratage qui ont pu apparaître dans d'autres pays⁷.
3. De nouveaux acteurs innovants continuent d'entrer sur ce marché en adoptant des stratégies ciblées du point de vue technologique, de leur positionnement marketing ou de l'offre de services (Meteor Networks⁸, Ozone⁹, FON).

2.3. Le WiFi offert : un phénomène encore marginal

A côté du marché payant se développe en France une offre de Hot Spots WiFi d'usage gratuit, initiée par d'autres acteurs :

- les commerçants (voir § II.3.1).
- les municipalités (voir §II.3.2)

Le WiFi offert par les commerçants

1. C'est un marché de **quelques centaines de Hot Spots**, proposés essentiellement dans les cafés et dans les hôtels délaissés par le marché des opérateurs décrit au § 2.2.
2. Le marché est moins structuré et développé que le secteur des Hot Spots payants. Les principaux acteurs connus sur ce segment sont des intégrateurs, comme Adael, Hot Café, Wistro, Free Hot Spot, qui représentent environ 500 Hot Spots en région parisienne et quelques centaines en Province.

⁶ Source Observatoire ARCEP des marchés des services télécoms.

⁷ Cas d'utilisateurs utilisant des Hot Spots « pirates » dont des exploitants mal identifiés enregistrent des données confidentielles comme les authentifiants, les données bancaires, etc.. dans le but de les réutiliser à des fins malveillantes.

⁸ 3^{ème} opérateur de Hot Spots WiFi spécialisé dans les hôtels en région parisienne, membre de Wireless Link

⁹ Opérateur cherchant à déployer des réseaux WiFi urbains en installant des antennes chez les volontaires dans les quartiers.

3. Au sein de ce marché, trois types de modèles économiques coexistent, sans véritable prédominance car le marché est encore à un stade exploratoire.
- a. le **modèle intégrateur** (rémunération issue de la vente d'équipements et des prestations d'installation) ;
 - b. le **modèle « opéré »** (souscription par le commerçant d'un abonnement comprenant ADSL, location de routeur et prestations de services d'exploitation, de maintenance, de sécurité) ;
 - c. le **modèle publicitaire** (rémunération issue de recettes publicitaires recueillies auprès des commerces locaux, par analogie avec le modèle de publicité des « pages jaunes »).

Le WiFi offert par les municipalités

C'est une tendance encore très récente en France qui ne concerne que quelques communes, toutefois plusieurs projets sont à l'étude.

Les arguments avancés par les élus souhaitant proposer des points d'accès gratuits tiennent dans une démocratisation de l'accès au haut débit et la volonté de communiquer publiquement par de nouveaux supports

Il ressort des premiers projets lancés par les municipalités deux types de déploiements :

- La municipalité prolonge par des points d'accès WiFi les accès filaires existants dans les bâtiments municipaux (salle de lecture des bibliothèques, hall de mairie ...). La mise à disposition de ces points d'accès répond au principe de mutabilité¹⁰ du service public en offrant le même type de service que celui offert sur les postes de consultation déjà installés et à destination des terminaux nomades des usagers. Ces points d'accès s'intègrent au réseau interne préexistant.
- Certaines municipalités souhaitent proposer un service de fourniture d'accès à Internet en WiFi en extérieur (parcs et jardins par exemple). Ces projets visent non seulement une cible touristique mais aussi les usagers de ces lieux publics. Les collectivités qui proposent de tels services sont soumises au respect des dispositions de l'article L. 1425-1 du code général des collectivités territoriales. Ce texte prévoit notamment que :
 - Les collectivités peuvent « établir et exploiter sur leur territoire des infrastructures et des réseaux de télécommunication » à condition d'en garantir une utilisation partagée et de respecter le principe d'égalité et de libre concurrence.
 - Les collectivités « ne peuvent fournir des services de télécommunications aux utilisateurs finals qu'après avoir constaté une insuffisance d'initiatives privées propres à satisfaire les besoins des utilisateurs finals et en avoir informé l'ARCEP ».

Les projets en cours d'élaboration prévoient un ensemble de limitations que les municipalités espèrent suffisantes pour garantir la conformité de leurs initiatives:

¹⁰ Le principe de mutabilité permet aux autorités qui ont créé un service public de l'adapter en fonction des paramètres nouveaux afin de tenir compte de l'évolution des techniques ou de l'évolution des besoins (CE 10.1.1902, Gaz de Deville-lès-Rouen, Leb. 5) ;

- Définition limitatives des zones couvertes (sites municipaux comme les parcs et jardins) et capacité de couverture ponctuelle au sein de ces sites
- Limitations horaires, bridage applicatif, qualité de service limitée...

2.4. Le WiFi en zone rurale :

Le WiFi peut également être utilisé pour **supporter des accès à Internet en « haut » débit** dans certaines zones rurales (voir § II.4) car il permet de bénéficier de la disponibilité d'équipements bon marché et de s'affranchir des coûts éventuels de licence radio en utilisant une bande libre. Il s'agit d'usages liés à la **desserte haut débit** d'abonnés fixes, lorsque le service DSL n'est pas disponible.

Par ailleurs, le WiFi est aussi parfois utilisé comme **solution de collecte**, pour raccorder des points de concentration d'où partent des liaisons de desserte WiFi en étoile.

L'articulation de ces deux usages desserte/collecte a été facilitée par l'ouverture de la bande de fréquence des 5 GHz en 2006 en France, **avec généralement du WiFi à 2,4 GHz utilisé en desserte et du WiFi à 5 GHz pour la collecte.**

Cependant, les utilisations du WiFi pour l'offre d'accès haut débit en zones rurales sont encore relativement marginales. Il existe, d'après SagaTel, plusieurs freins à son développement :

- les limitations de PIRE¹¹ imposées en Europe, qui ne permettent pas de dépasser une portée théorique de l'ordre de quelques kilomètres (voir § I.2.1 – 1.2.2) ;
- les débits offerts par le WiFi, qui sont relativement faibles en comparaison de ceux du DSL, dès lors que la distance à couvrir dépasse quelques centaines de mètres ;
- le mode de gestion radio du WiFi introduit une contrainte technique en imposant le débit de l'utilisateur le plus éloigné à tous les utilisateurs d'un point d'accès ;
- de même, en collecte, le WiFi apparaît limité en débit, sauf peut-être dans certains cas d'utilisation des nouvelles technologies maillées, si la densité d'utilisateurs le justifie. On se reporte donc plus naturellement pour la collecte sur les technologies DSL, Fibre Optique ou WiMax (voir § II.4.4) ;

Pour l'ensemble de ces raisons, le WiFi en zone rurale pourrait être progressivement remplacé par d'autres technologies, en suivant les scénarii suivants:

- l'opérateur historique ouvre de nouveaux NRA¹² au DSL ;
- de nouveaux opérateurs viennent proposer des offres haut débit grâce à de nouvelles technologies (service WiMax, ...)
- la collectivité peut également envisager des stratégies alternatives au DSL avec collecte fibre, préparation du déploiement FTTx à long terme.

2.5. De nouveaux usages du WiFi stimulés, dans la sphère domestique, par la forte pénétration de l'ADSL

Le fort niveau de pénétration de l'ADSL au sein de la population résidentielle (40% des ménages) et, plus particulièrement, la généralisation d'équipement de type « Box » a permis

¹¹ Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente.

¹² Nœud de Raccordement des Abonnés.

d'introduire le WiFi dans la sphère domestique, pour des usages privés (voir § II.5). Trois acteurs sont au cœur de ces nouveaux développements et de la diffusion des boxes en France permettant d'offrir de nouvelles fonctionnalités:

- **Orange** et sa Livebox pro, dont les fonctionnalités à double SSID¹³ ont permis d'étendre le nombre de Hot Spots accessibles ;
- **Free**, qui a popularisé les multi-usages domestiques en WiFi ;
- **Neuf Cegetel**, arrivé plus tard sur ce marché, qui propose des box comparables à celles de Free,

Dans ce contexte, le WiFi permet le **déploiement de « RLAN domestiques multiservices »** offrant une variété de services de communications incluant non seulement l'accès Internet et la messagerie, mais aussi la télévision et aujourd'hui la voix. Le WiFi devient donc un standard de fait pour le « câblage » sans fil des habitations, et symbolise la généralisation des usages nomades personnels dans l'espace domestique.

Les opérateurs du marché haut débit cherchent ainsi à monter en valeur ajoutée dans leurs offres en combinant les potentiels de leurs infrastructures de raccordement haut débit (DSL ou fibre optique à terme) et ceux du WiFi dans la sphère domestique. Cette démarche - dont les prémices datent de 2006 - appelle plusieurs commentaires.

Technologies et services

1. Les opérateurs s'appuient sur la capacité de la norme à supporter une variété de services convergents s'appuyant sur IP, pour enrichir leur offre de services dans la sphère domestique.
2. Avec une couverture géographique de plus en plus dense, on pourrait obtenir à terme, par la juxtaposition de points d'accès WiFi en zone urbaine, une couverture quasi-continue comparable, en termes de densité de desserte, à la couverture de certains réseaux cellulaires.
3. La coordination technique et commerciale de ces réseaux WiFi domestiques pourrait théoriquement permettre d'offrir des services de plus en plus riches et comparables aux services de communications mobiles (voix et données).

Aspects juridiques

1. Dans le cadre du développement du WiFi en continu urbain, de nouvelles questions juridiques peuvent apparaître en termes de responsabilité juridique ou du droit de regard des consommateurs (par exemple : droit de regard des consommateurs sur l'ouverture, ou non, de leur box) ;
2. Le contexte réglementaire et légal actuel, avec notamment les obligations d'archivage dictées par la LCEN (Loi pour la Confiance dans l'Economie Numérique) depuis 2004, ainsi que les nouvelles obligations de conservation des données issues de la loi du 23 janvier 2006 relatives notamment à la lutte contre le terrorisme, plaident en faveur de la responsabilité du fournisseur d'accès qui semble le mieux placé pour faire face à ces obligations.

¹³ SSID : Service Set Identifier (Identifiant réseau).

2.6. Conclusion sur le marché WiFi en France

Les services correspondant à des usages de type professionnel (accès Internet en Hot Spots) constituent un marché dynamique mais qui devrait rester de petite taille.

D'autre part, l'utilisation du WiFi comme solution de desserte en environnement rural reste relativement marginale : solution économique à court terme, le WiFi est destiné à être remplacé par des solutions plus performantes (diffusion progressive des accès DSL, solutions alternatives comme le WiMax, évolution vers le FTTH).

Enfin, la technologie, qui est déjà un standard de fait pour les RLAN domestiques, apporte une dimension « multiservices aux raccordements DSL résidentiels », permise par la richesse fonctionnelle des réseaux IP et pourrait permettre aux opérateurs ou à des fournisseurs de services tiers de développer de nouveaux services convergents données-voix de type fixe, nomade, voire mobile. Toutefois, ce marché n'est encore qu'émergent et soulève un certain nombre de questions réglementaires et juridiques.

3. Perspectives du WiFi

3.1. Evolutions fonctionnelles et industrielles de la norme

Depuis la première version de la norme en 1999, le potentiel d'utilisation du WiFi a été renforcé par les travaux des industriels permettant d'apporter plusieurs enrichissements fonctionnels, tels que:

- **augmentation de la capacité et des débits supportés** (passage de 1 à 50 Mbit/s, voire à plus de 100 Mbit/s) par modification des caractéristiques radio de la norme et des protocoles ;
- **enrichissement des fonctionnalités de sécurisation** des communications sur WiFi (802.11i) ;
- **amélioration de la gestion de la qualité de service** pour le support de nouvelles applications de type mobilité et voix (802.11e) ;
- **diminution des contraintes d'infrastructures** de raccordement : transport du trafic collecté par maillage radio (802.11s) ;
- **amélioration des performances radio** par utilisation d'antennes plus sophistiquées : par exemple rayonnement sectorisé au lieu d'omnidirectionnel, antennes actives, technologies MIMO¹⁴ (802.11n).

Ces évolutions soutiennent l'évolution de la technologie WiFi, du statut de standard de réseau local radio d'entreprise à celui d'une technologie de réseaux d'opérateurs.

Ceux-ci sont en effet incités à recourir à cette technologie du fait de :

- la souplesse d'ingénierie: ce type de réseaux s'adapte aux besoins au fur et à mesure ;

¹⁴ Multiple Input Multiple Output

- d'un coût économique de déploiement initial modeste, étant donné le prix des équipements d'accès et des cartes WiFi des terminaux.

3.2. Nouvelles dimensions pour le WiFi : les défis

Ces enrichissements fonctionnels donnent de nouvelles perspectives au WiFi, qui se positionne depuis 2004 comme technologie potentielle pour des réseaux publics d'infrastructure (notamment dans le cadre des projets de réseaux municipaux). Depuis, les acteurs y ont recours que ce soit pour des accès fixes, nomades ou mobiles.

Cependant, certains freins peuvent peser sur le développement du WiFi, qui n'a pas été conçu à l'origine pour supporter de tels usages :

- techniquement, la technologie WiFi est peu efficace pour la téléphonie (taux de charge limité pour obtenir une qualité de service suffisante, overhead IP), ce qui conduit à surdimensionner le réseau pour assurer une bonne qualité de service ;
- la norme prévoit des échanges fréquents entre les terminaux WiFi et le point d'accès de rattachement, même quand le terminal n'utilise pas activement la connexion WiFi. Cette caractéristique risque de réduire l'autonomie des terminaux (voir § III.1.3), notamment ceux de petite dimension (PDA, téléphones, ...) ;
- les limitations de puissance conduisent à une importante densité d'équipements actifs pour assurer une bonne couverture : ceci peut avoir un impact économique et risque de poser des problèmes de gestion de parc à long terme ;
- la diversification rapide des normes conduit à une adaptation permanente (*voir § III.1*). Dans ces conditions, les opérateurs peuvent manquer de visibilité sur leur cœur de métier même à court terme, le cycle de vie du WiFi étant calé sur celui des équipements d'entreprise (de 2 à 4 ans) ;
- par conséquent, les opérateurs peuvent également rencontrer des difficultés pratiques pour déployer de larges couvertures de manière cohérente ;

3.3. Le WiFi au cœur de la convergence fixe-mobile

L'arrivée récente de terminaux aux capacités duales GSM-WiFi offre également des perspectives nouvelles en termes de services mobiles. En effet, ces terminaux permettent aux utilisateurs mobiles de se déplacer entre les réseaux cellulaires et les réseaux haut-débit IP pour pouvoir bénéficier, selon les cas :

- d'accès haut débit à proximité de bornes WiFi (box résidentielles, RLAN d'entreprise, Hot Spots) ;
- de communications en VoIP, à des conditions tarifaires avantageuses et la flexibilité associés (applications IP-Centrex en entreprise se substituant au DECT et au GSM) : cet usage a un avenir essentiellement en entreprise ;
- de la variété croissante des services offerts, en permettant un accès mobile à tous les services proposés sur Internet
- de la couverture étendue des réseaux cellulaires pour la voix et les données.

Le développement de ces terminaux entraîne un repositionnement de la technologie WiFi au sein des technologies de réseaux ouverts au public, en pouvant dorénavant s'affirmer comme :

- **un support de convergence** qui permet de choisir automatiquement une voie d'accès parmi une variété de solutions radio fixes ou mobiles. Cette position est actuellement défendue par des opérateurs mobiles (Orange, SFR) ;
- **un support technologique** vu par des opérateurs fixes comme un moyen de diversification leur permettant de concurrencer les opérateurs mobiles (ex : Neuf Cegetel, Free).

La combinaison GSM-WiFi est une perspective d'évolution importante en Europe dans la mesure où :

- elle est bien adaptée à la situation européenne où la couverture GSM est quasi totale ;
- elle permet de pallier les limitations de puissance d'émission du WiFi en zone dense (limite de PIRE à 100 mW en 2,4 GHz) ;
- elle offre une ouverture vers l'Internet haut débit mobile dans des conditions économiques très attractives.

Ces usages multi-technologies étant encore émergents, il est difficile de prédire quel sera le positionnement futur du WiFi, d'autant plus qu'il aura à affronter la concurrence de nouvelles technologies radio à base IP, comme le WiMax mobile 802.16e et les futures évolutions radio haut débit 3G « Universal Terrestrial Radio Access Network Long Term Evolution » (UTRAN-LTE) ou « Ultra Wide Band » (UWB).

3.4. Points forts et points faibles du WiFi en tant que technologie de réseaux publics

En résumé, le potentiel du WiFi comme technologie de réseaux d'infrastructure peut être évalué au regard de différents critères.

Points forts,

1. **Richesse fonctionnelle** : capacités multiservices de la norme pour différentes applications : web, messagerie, mobilité, voix, vidéo...
2. **Dynamisme de la standardisation** par rapport aux nouveaux besoins.
3. Adaptation à la **généralisation des protocoles IP** dans les réseaux publics.
4. **Dimension industrielle des marchés d'équipements** d'infrastructures (points d'accès) et de terminaux.
5. **Flexibilité** en termes d'ingénierie de réseau.
6. **Coûts avantageux** de déploiement du WiFi en termes de ticket d'entrée (coûts initiaux de couverture) et dans le cadre des adaptations/évolutions du réseau.
7. **Parc de terminaux déjà fortement équipé** (ordinateurs portables) – usages mûrs avec le développement des fonctionnalités WiFi en entreprise et dans la sphère domestique.
8. Arrivée sur le marché de **terminaux mobiles hybrides GSM-WiFi**.

Faiblesses

1. **Faiblesses structurelles de la norme** : gourmandise des protocoles, moindre efficacité par rapport à d'autres technologies radio, QoS assurée par ingénierie/surdimensionnement.
2. Dynamisme des marchés, mais avec des **solutions WiFi d'infrastructure encore souvent propriétaires** : les déclinaisons de la norme ne constituent qu'un socle commun minimum et les fonctionnalités avancées (gestion de la QoS et de la sécurité) font l'objet de développements spécifiques de la part des constructeurs.
3. **Technologie à court cycle de vie** avec une grande densité d'équipements pour assurer une bonne couverture, ce qui pose des problèmes de gestion technique d'équipements (hétérogénéité d'un parc d'infrastructures multi-marques, multi-génération, multi-versions logicielles).
4. Par ailleurs, ce cycle court a des répercussions sur les investissements des opérateurs, ayant globalement peu de visibilité à moyen/long terme

3.5. Conclusion sur les perspectives

La technologie WiFi est une norme clé pour le déploiement de RLAN en environnement d'entreprise ou domestique. Son utilisation en tant que technologie de desserte étendue, par exemple dans le cadre de véritables boucles locales, reste encore à confirmer.

Ce contexte permet cependant de positionner le WiFi comme un élément structurant de la convergence entre les réseaux fixes et mobiles dans les réseaux ouverts au public : de fait, le WiFi contribue déjà aujourd'hui à stimuler la concurrence entre opérateurs. En effet, les évolutions continues de la norme - par rapport aux lacunes fonctionnelles et structurelles des premières versions - permettent de mettre en œuvre de nouveaux services et de nouvelles offres convergentes.

Ceci peut entraîner à terme une reconfiguration du marché actuel, avec une possible consolidation ou fragilisation de certains acteurs comme les opérateurs fixes, mobiles et les FAI.

Mais, cette même évolutivité peut se révéler également un inconvénient pour les opérateurs car le cycle de vie court de la technologie impose un constant renouvellement des investissements (dans le WiFi ou dans une autre technologie).

4. Potentiel des réseaux maillés

Parmi les nouveaux enrichissements autour de la technologie WiFi, le WiFi maillé peut ouvrir de nouvelles perspectives car il permet, par la mise en œuvre de bonds radio successifs, d'étendre la couverture radio du WiFi, jusque là limitée à un rayon de quelques centaines de mètres. Ces réseaux WiFi à couverture étendue permettent notamment de proposer des services de type « accès Internet ubiquitaire », en contexte professionnel ou grand public.

4.1. Les réseaux maillés aux Etats Unis : retour d'expériences

L'exemple américain (voir § IV.1) de développement des réseaux Wi-Fi en architecture maillée est intéressant à plusieurs titres

- Le WiFi maillé est plus pertinent aux Etats-Unis car les offres d'accès haut débit sont moins développées ;
- il a été utilisé comme technologie de réseau d'infrastructure depuis 2 ou 3 ans ;
- ce succès a conduit à l'examen de différentes questions réglementaires, notamment sur les niveaux de puissance d'émission autorisés, ainsi que sur la pertinence d'ouvrir de nouvelles bandes de fréquences.

Les points forts des expériences américaines sont les suivants :

Technologies et services

1. On a assisté à un très fort enrichissement fonctionnel des réseaux déployés depuis 2004, avec actuellement des réseaux supportant différentes applications convergentes pour lesquelles la norme a évolué (mobilité, voix, etc.). Ce développement confirme le **potentiel multiservices du WiFi**.
2. En conséquence, et du fait d'un faible développement de l'offre d'accès haut débit aux Etats-Unis, le nombre de réseaux déployés et en projet a explosé sur tout le territoire américain, passant à plus de 300 réseaux fin 2006. Sur ce total, environ **70 réseaux sont en fonctionnement opérationnel et supportent des usages « grand public » tout en répondant à des besoins propres des municipalités** (voir § IV.1.1).
3. Les projets opérationnels se situent souvent dans de **petites villes et ont une couverture pouvant aller jusqu'à 400 km²** (voir § IV.1.2).
4. Les régions les plus actives dans ce domaine sont la Californie et les Etats du Sud (Arizona, Texas..), illustrant par là la pression du secteur High Tech de la Silicon Valley et les problématiques de planification urbaine de ces Etats dans un contexte de très fort dynamisme démographique (voir § IV.1.1).
5. L'architecture maillée est très intéressante du point de vue économique car elle implique un faible niveau initial d'investissements pour la collecte du trafic des points

d'accès. Par ailleurs, elle permet de faire face à la montée en charge des usages en rajoutant au fur et à mesure des points de backhauling¹⁵, voire des points d'accès.

6. Les performances relevées pour l'instant sont satisfaisantes, particulièrement en extérieur. En revanche, se pose la question des coûts véritables induits pour une couverture indoor, qui nécessite le déploiement d'un plus grand nombre de points d'accès et/ou d'ombrelle relais pour permettre au signal de se propager à l'intérieur des bâtiments.

Aspects économiques

1. SagaTel retient des coûts de déploiement modérés, avec des investissements de 25 à 60 k€ par km² (voir § IV.1.4).
2. Les coûts d'exploitation sont élevés, de l'ordre de 10-20% des coûts de déploiement selon les personnes interrogées.
3. Les réseaux requièrent une évolution technologique permanente : ainsi, certains réseaux ont connu des évolutions majeures deux ans après la première mise en service, contrairement à ce que prévoient les projets financiers initiaux (cycle de mise à niveau de quatre ans).
4. Le **financement à long terme de ces réseaux par les marchés de services est encore loin d'être assuré**, notamment si l'on veut utiliser ces réseaux comme support d'une diffusion « sociale » de l'accès haut débit (tarification spéciale pour les catégories défavorisées). Les investissements réseau à consentir sont encore supérieurs aux revenus que pourraient générer la publicité locale, qui ne peut apporter – pour les acteurs aujourd'hui positionnés sur ce marché – que des revenus d'appoint (voir § IV.1.4).
5. Ce genre de réseau semble économiquement plus adapté à des environnements plutôt denses (petites villes plutôt qu'en environnement rural)

Réglementation des fréquences

1. Concluant sur la possibilité d'utiliser le WiFi sur d'autres bandes de fréquences, les constructeurs et les opérateurs (municipaux) s'accordent sur le fait que les bandes actuelles ne leur posent pas de problèmes d'interférences (notamment grâce à l'amélioration des antennes et des **capacités d'adaptabilité intelligente des équipements**). Ils sont donc modérément intéressés par l'ouverture de nouvelles bandes.
2. Pour ces opérateurs, la bande des 2,4 GHz est la meilleure pour les communications entre points d'accès et terminaux, et celle des 5 GHz est plutôt réservée pour la collecte du trafic.
3. Cependant, les opérateurs interrogés couvrent de petites villes et leurs opinions ne concernent pas nécessairement les environnements fortement urbains, qui semblent rencontrer plus de problèmes d'interférences.
4. La réglementation de la puissance d'émission, qui autorise des puissances PIRE plus élevées qu'en Europe, pourrait être encore plus flexible dans les zones rurales mais, selon certains opérateurs et constructeurs, ceci n'est pas forcément souhaitable:

¹⁵ Le backhaul correspond aux liaisons permettant de relier des sites distants à la "dorsale" d'un réseau.

- Les zones les plus rurales ne semblent pas s'intéresser à ce genre de déploiement car il se pose en plus le problème de trouver des liaisons de backhaul.
- Il est difficile d'apporter une définition simple de « rural » par opposition à « urbain ».
- En milieu urbain, l'augmentation des niveaux de puissance renforce le risque d'interférences et de brouillages, non seulement des installations WiFi résidentielles et professionnelles des zones urbaines, mais aussi des divers autres dispositifs « banalisés » utilisant cette bande non réglementée.

4.2. Les réseaux maillés en France

La France a joué un rôle pionnier dans le développement de certaines technologies de maillage, en particulier avec les travaux de l'INRIA dès 2001 sur les algorithmes OLSR¹⁶ qui ont été standardisés à l'IETF¹⁷, et qui ont été développés industriellement depuis par la jeune société Luceor.

Les applications opérationnelles du WiFi maillé en France restent cependant à ce jour relativement limitées, en revêtant toujours un caractère plus ou moins expérimental (voir § IV.2.1). Parmi les projets pilotes de réseaux maillés pour des services offerts au public, on peut citer :

- expérimentation en 2005 à **Amiens** combinant WiFi 2,4 GHz et WiMax ;
- expérimentation de France Télécom à **Belfort** 2,4 GHz / 5 GHz ;
- mise en place de réseaux maillés sur des **campus** (Supélec) et dans des entreprises.

L'ouverture début 2006 de la bande 5470-5725 MHz pour des applications WiFi en extérieur a semble-t-il donné un nouvel essor aux réseaux maillés et l'on devrait voir émerger des projets opérationnels à court terme en France, bénéficiant ainsi de la récente arrivée à maturité de la technologie aux Etats-Unis.

Les niveaux de puissance autorisés dans cette bande par la réglementation européenne ne permettent pas de réaliser des liaisons d'une portée égale à celles rencontrées outre-Atlantique ; mais la technologie maillée, par bonds successifs, ne s'en trouve pas autant pénalisée et pourrait même être paradoxalement favorisée par la réglementation puisque qu'un réseau maillé permet d'étendre la couverture WiFi autour d'un point de backhaul.

En ce qui concerne les applications, le WiFi maillé est notamment envisagé en France pour offrir des services professionnels, par exemple auprès des administrations municipales pour des applications spécifiques comme la télémétrie ou la télésurveillance.

En revanche, **les techniques WiFi maillées n'ont pas le potentiel de se substituer en France aux autres technologies d'accès public large bande**, dans la mesure où, contrairement aux Etats-Unis, la plupart des villes ont déjà accès aux technologies DSL en fixe ainsi qu'une bonne couverture 2.5G ou 3G en cellulaire.

¹⁶ Optimized Link State Routing.

¹⁷ Internet Engineering Task Force.

Synthèse sur la technologie

1. L'architecture maillée est donc essentiellement utilisée en France comme une implémentation particulière des réseaux WiFi, utilisée pour accroître la couverture et la fiabilité des réseaux (redondance des liens).
2. L'ouverture récente de la bande 5,4-5,7 GHz permet d'utiliser les architectures les plus performantes séparant les fréquences utilisées pour l'accès aux terminaux (à 2,4 GHz) et les fréquences utilisées pour le réseau de backhaul maillé.
3. En environnement urbain dense, les réseaux maillés – si la montée en trafic se confirme - évolueront vers des architectures WiFi plus traditionnelles (un lien de backhaul par point d'accès WiFi) : dès lors que la charge de réseau justifie un accroissement des points de raccordement à haut débit.
4. En environnement rural, et en fonction des limitations de puissance associées à la technologie WiFi, les technologies de maillage sont surtout intéressantes pour étendre la portée des réseaux par rebonds successifs : elle renforce ainsi l'intérêt potentiel du WiFi pour la collecte.
5. Les techniques de maillages sont enfin transposables à des réseaux utilisant des bandes sous licence pour le « backhaul », de type WiMax par exemple, qui bénéficieront ainsi des progrès initialement réalisés en WiFi avec ces nouvelles architectures.

Applications

1. Des considérations économiques peuvent conduire certaines municipalités à adopter le WiFi en général, et le WiFi maillé en particulier, pour des applications professionnelles nécessitant du haut débit et s'appuyant sur des terminaux de type PC ou PDA banalisés.
2. Il est par contre peu probable que des réseaux WiFi maillés urbains largement ouverts au public se généralisent en France, car l'offre haut débit des opérateurs y est déjà importante et performante (meilleure qualité des offres DSL, couverture de 98% de la population).
3. Le WiFi maillé présente en revanche un réel intérêt dans les applications de PMR¹⁸, par exemple, pour des applications de sécurité ; cependant, les services d'urgence préfèrent aujourd'hui utiliser leurs réseaux PMR spécifiques, basés sur des fréquences réservées, pour lesquels des investissements importants ont été consentis en matière d'applications et de gestion.
4. Ce sont finalement des segments de marché spécifiques comme la télémétrie, la localisation ou la vidéosurveillance qui devraient bénéficier à court terme des technologies de maillage WiFi pour permettre l'introduction de ces services dans un délai court et dans des conditions économiques attractives.

¹⁸ Private Mobile Radio : Réseaux radio privés

4.3. Conclusion sur le WiFi maillé

Les technologies de WiFi maillé ont beaucoup progressé ces dernières années, sous la pression des industriels, notamment nord américains, et des besoins de couverture haut débit des villes américaines. L'architecture « Mesh » a ainsi pu montrer qu'elle apportait des améliorations notables au WiFi (fiabilité, couverture).

Ces technologies, déployées originellement pour des applications professionnelles, se sont également imposées dans des contextes de boucle locale d'accès haut débit grand public. Elles ont évolué jusqu'à supporter aujourd'hui de nombreux services, y compris la téléphonie mobile (essentiellement en extérieur).

Le contexte français est moins avancé du fait de l'ouverture très récente de la bande des 5 GHz et du bon niveau d'équipement du territoire en haut débit fixe et mobile.

En revanche, les usages du WiFi maillé en France pourraient s'orienter vers des applications professionnelles de type télémesure, vidéosurveillance, etc.

5. Conclusion

Le WiFi est une technologie bénéficiant d'une dynamique industrielle et fonctionnelle vigoureuse, qui se situe à la convergence de plusieurs marchés :

- équipements de réseaux d'entreprises ;
- support de RLAN domestiques multiservices en extrémité d'un accès DSL ;
- services de radiocommunications nomades et mobiles.

L'étude montre que **le véritable potentiel du marché de services WiFi est encore émergent**. En effet, le marché des Hot Spots ne constitue qu'une niche et les services de RLAN domestiques multiservices n'en sont qu'à leurs débuts. La flexibilité de la norme peut permettre à certains acteurs de consolider leur position, mais il y a aussi des risques que son cycle de vie court fragilise les investissements consentis par les opérateurs.

Par rapport aux différentes problématiques réglementaires qui peuvent se poser, SagaTel formule les recommandations suivantes.

1. Lever le caractère expérimental

Si le marché de services WiFi se confirme, cette technologie doit sortir d'un cadre réglementaire d'exception (le régime expérimental) et doit s'inscrire dans un cadre plus général, technologiquement neutre, comportant les obligations suivantes :

- permanence, disponibilité et qualité des différents réseaux et services ;
- respect de la confidentialité et de la neutralité au regard des communications ;
- obligations sur l'information et la protection des utilisateurs ;
- taxes administratives.

2. Maintenir les conditions actuelles d'accès aux ressources spectrales

Les acteurs estiment dans leur grande majorité que l'utilisation libre des fréquences est un facteur-clé de dynamisme et de développement de ce marché. En l'absence de problèmes particuliers d'interférences, il n'apparaît donc pas nécessaire de modifier la réglementation des ressources radioélectriques (ouverture de nouvelles bandes ou « privatisation » de bandes WiFi au profit de certains utilisateurs), ni d'assujettir les opérateurs aux redevances de mise à disposition et de gestion de fréquences.

3. Encourager la variété des usages WiFi tant dans le domaine des réseaux privés que dans le cadre de réseaux et services ouverts au public.

La limitation des puissances applicables aux équipements permet d'assurer que la croissance de réseaux WiFi publics ne se fera pas au détriment des applications privées.

Le maintien du *statu quo* permettrait notamment de continuer à encourager les initiatives dans le domaine, et devrait confirmer à terme l'intérêt du WiFi vis à vis des technologies concurrentes de référence (réseaux cellulaires, Wimax, réseaux professionnels PMR, etc.).

Pour conclure, on pourra remarquer qu'un des enjeux principaux autour du WiFi est bien de ne pas entraver la formidable dynamique d'innovation que peut apporter cette technologie.

En effet, la convergence des réseaux et services permet à de nouveaux acteurs de se positionner sur une chaîne inédite de la valeur ajoutée entre le fournisseur d'accès Internet et les abonnés. Cette chaîne, en cours de développement, pourra comprendre tant des acteurs traditionnels de services télécoms (opérateurs de boucle locale, fournisseurs d'accès à Internet) que des nouveaux venus du secteur industriel (constructeurs de routeurs WiFi à fonctionnalités avancées) et des fournisseurs de services (accès, contenus, etc.).

Par rapport à cette dynamique, on peut cependant mettre en avant le risque de dilution des responsabilités (acteurs multiples) vis-à-vis des consommateurs. Si l'enjeu des prochaines années concerne la capacité de ces nouveaux acteurs à survivre face à un marché de masse qui génèrera un mouvement de concentration inéluctable, la protection du consommateur doit rester au centre des préoccupations réglementaires.

Partie I. Introduction au WiFi

I.1. Une norme sans cesse enrichie, du fait d'une demande croissante et de la réactivité du marché

Le WiFi est une technologie sans fil basée sur la norme **IEEE 802.11**. Elle s'est généralisée avec les normes **802.11a** qui opère dans la bande des 5 GHz, avec un débit théorique maximal de 54 Mbit/s, et le **802.11b** dans la bande des 2,4 GHz pour un débit maximal de 11 Mbit/s. La variante la plus utilisée aujourd'hui, datant de 2003, est le **802.11g**, dans la bande libre des 2,4 GHz¹⁹ avec un débit théorique maximal de 54 Mbit/s. Les équipements 802.11g ont un mode de repli automatique 802.11b, ce qui facilite la migration des réseaux.

Le groupe de travail IEEE travaille par ailleurs depuis plusieurs années sur une nouvelle amélioration de la norme **802.11n**, en modifiant la couche physique (PHY) et la sous-couche MAC (Media Access Control) pour atteindre un débit supérieur à 100 Mbit/s au niveau du point d'accès MAC. Cette nouvelle version s'appuie en particulier sur les technologies à antennes multiples dites « Multiple Input, Multiple Output » (MIMO). Des versions provisoires du standard 802.11n ont déjà été publiées, mais on attend la ratification d'une version définitive au plus tôt en 2007.

Le tableau 1 ci-dessous résume les débits offerts par ces différentes versions.

Tableau 1 - Récapitulatif des caractéristiques des normes WiFi

Version	Date	Débit radio max (courte distance) en Mbit/s	Bandes en GHz	Canaux ²⁰	Largeur des canaux en MHz	Débit applicatif max ²¹ en Mbit/s
802.11a	1999	54	5,15-5,35 5,47-5,725 5,725-5,875	19 canaux 8 canaux non recouvrants	20	25
802.11b	1999	11	2,4-2,5	14 canaux 3 non recouvrants (1, 6, 11)	22	5
802.11g	2003	54	2,4-2,5	14 canaux 3 non recouvrants (1, 6, 11)	22	25
802.11n	2007	600	Bande des 2,4 ou 5 GHz	-	-	> 100 Mbit/s

I.2. Les bandes allouées au WiFi sont libres d'usage

La norme WiFi utilise des bandes qui ne sont pas soumises à licence, ce qui permet d'utiliser le spectre sans coût d'entrée, mais avec la contrepartie de le partager avec d'autres utilisateurs en respectant des limitations de puissance.

¹⁹ Bande libre dite "ISM" (Industrial, Scientific, Medical).

²⁰ Tous pays confondus.

²¹ Niveau "Service Access Point" de la couche Media Access Control (MAC)

Dans une bande d'accès libre, la coexistence entre seuls équipements WiFi est plus facile que leur coexistence avec d'autres types d'équipements : en effet, le protocole d'accès WiFi a pour principe d'interdire l'émission dès lors qu'une énergie est détectée sur la fréquence (c'est l'un des fondements du protocole « CSMA-CA²² » du standard 802.11)

Cette partie rappelle les différentes réglementations de puissance en vigueur, et présente les pistes d'évolutions de cette réglementation envisagées au Royaume-Uni et aux Etats-Unis.

I.2.1. Le cadre réglementaire du WiFi en France

I.2.1.1. Le régime expérimental appliqué au WiFi en France aujourd'hui

L'utilisation du WiFi sur des réseaux ouverts au public en France est encadrée par un régime expérimental depuis novembre 2002. Ces lignes directrices ont été modifiées le 24/07/2003.

Ce dispositif, associé à un simple régime de déclaration des opérateurs de réseaux ouverts au public, a permis de favoriser le développement d'initiatives originales dans un cadre peu contraignant (simple déclaration, exonération de taxes) et de faciliter la construction d'offres de services tant sur le plan économique que technique pour ce marché émergent.

I.2.1.2. Une limitation de puissance basée sur la notion de PIRE en Europe

Pour éviter les situations de brouillage entre équipements utilisant la même ressource radio non licenciée, la réglementation européenne définit une limite de puissance rayonnée PIRE, dont la définition et le principe sont rappelés ci-dessous.

La PIRE, ou **Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente**, d'une antenne est la puissance qu'il faudrait fournir à une antenne omnidirectionnelle pour produire la même puissance que l'antenne directive dans la direction considérée. Conformément à la définition donnée par l'UIT, elle correspond au produit de la puissance fournie à l'antenne par son **gain** dans une direction donnée et par rapport à une antenne isotrope .

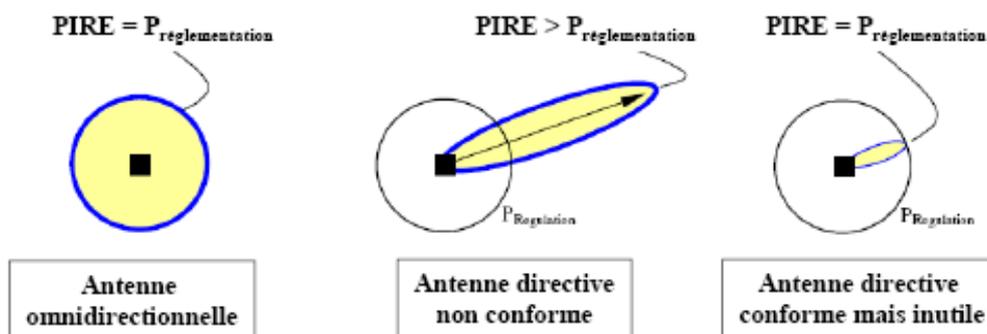


Figure 2 - Conformité et non-conformité aux limites de PIRE

Comme le montre le schéma de la figure 2, l'utilisation d'une antenne directive en *émission* ne permet pas d'augmenter la portée de l'antenne dans une direction privilégiée, dans la mesure où une telle utilisation ne respecterait pas le niveau de PIRE réglementaire. L'utilisation d'une antenne directive, utilisée en conformité avec la réglementation technique, comme présentée dans le troisième schéma, se justifie donc uniquement dans le cas de la *réception* d'un signal faible avec une installation **fixe**, pour améliorer le rapport signal à bruit.

²² Carrier Sense Multiple Access Collision Avoidance.

1.2.1.3. Comparaison des différentes réglementations appliquées au WiFi

Le tableau 3 résume les réglementations en matière de PIRE existant dans différents pays, notamment en Europe²³, par rapport aux principales bandes de fréquences allouées.

Tableau 3 - Comparaison de la réglementation de la PIRE en Europe et aux Etats-Unis

Bandes (MHz)	Europe PIRE	F (métropole) PIRE	UK PIRE	USA Puissance max - PIRE
2400 – 2454	100 mW	100 mW	100 mW	Pmax < 1W PIRE < 4W (PmP)
2454 - 2483,5		100 mW intérieur 10 mW extérieur		
A : 5150 - 5250	200 mW, intérieur	200 mW, intérieur	200 mW, intérieur	Pmax < 50 mW intérieur
A : 5250 - 5350	200 mW intérieur avec DFS et TPC (a)	200 mW intérieur avec DFS et TPC(a)	200 mW intérieur avec DFS et TPC	Pmax < 250 mW PIRE < 1W avec DFS et TPC
B : 5470 - 5725	1 W avec DFS et TPC (a)	1 W avec DFS et TPC (a)	1 W avec DFS et TPC (a)	Pmax < 250 mW PIRE < 1W avec DFS et TPC (a)
C : 5725-5875	-	Non utilisable en France	2 W avec DFS et TPC (a) (b)	Pmax < 1W PIRE < 4W (PmP) < 200 W (PtP)

DFS: Dynamic Frequency Selection, TPC: Transmitter Power Control,

PmP : Point-multi-Point, PtP : Point-to-Point

(a) L'utilisation sans contrôle de puissance (TPC) est autorisée, mais avec une limite de PIRE divisée par 2

(b) UK : Bandes libres pour services fixes large bande (type pré-WIMAX, WIMAX), les bandes 5795-5815 et 5850-5875 sont exclues car utilisées au niveau européen pour la télématique routière (RTTT)

On peut noter qu'aux Etats-Unis, la réglementation porte surtout sur la limite de puissance des équipements, plutôt que sur la limite de puissance rayonnée de type PIRE. Les limites de puissance d'équipement étant assez élevées, il est ainsi possible aux Etats-Unis d'émettre une puissance relativement forte dans une direction en utilisant des antennes directives.

Des limites de PIRE sont également définies, mais elles sont moins contraignantes qu'en Europe. Dans certaines bandes, elles permettent des émissions plus élevées pour des applications de type liaison d'infrastructure Point à Point « PtP », par opposition aux applications de couverture omnidirectionnelle « PmP ».

1.2.2. Les pistes d'évolution du cadre réglementaire

Les puissances PIRE autorisées pour le WiFi en Europe visent à faire coexister en environnement dense les matériels à faible portée et à faible puissance.

Ces limitations pouvant sembler contraignantes en zones rurales, où existent des besoins spécifiques en portée, le **régulateur anglais** a envisagé d'instaurer un régime de limitations de puissances d'émissions différencié entre zones denses et zones rurales.

De même, la réglementation américaine permet d'enrichir la réflexion, en autorisant des niveaux de puissances adaptés aux grands espaces ainsi qu'un nombre de bandes de fréquences supérieur ouvertes au WiFi.

²³ Bande WLAN 2,4 GHz en <http://www.ero.dk/documentation/docs/docfiles.asp?docid=1466&wd=N> et bandes WLAN 5 GHz en <http://www.ero.dk/documentation/docs/doc98/official/Word/ECCDEC0408.DOC>.

1.2.2.1. Etudes conduites par le régulateur anglais (OFCOM)

L'OFCOM a initié début 2006 un travail pour évaluer l'opportunité d'augmenter les limites de puissance rayonnée par les équipements WiFi, afin de répondre, notamment, aux besoins de portée en zones rurales.

Tableau 4 - Puissances et portées estimées en environnement rural

(Source : Etude de la société Scientific Generics et compléments SagaTel)

2,4 GHz PIRE	Débit max ~10 Mbit/s	Débit max ~1 Mbit/s	5,8 GHz PIRE	Débit max ~10 Mbit/s	Débit max ~1 Mbit/s
100 mW	500 m	1,7 km	200 mW	500 m	1,7 km
1 W	1,1 km	3,5 km	2 W	1,1 km	3,5 km
10 W	1,8 km	5,7 km	4 W	1,3 km	4,2 km

L'étude Scientific Generics a ainsi permis d'évaluer les gains potentiels des équipements WiFi en portée avec des limites de PIRE croissantes, de 100 mW à 10 W sur des applications fixes, point à point, en environnement de propagation rural.

Les acteurs, consultés par l'OFCOM sur ce thème ²⁴, ont ajouté cependant un certain nombre de commentaires:

- quelques opérateurs de Hot Spots importants sont opposés à une augmentation significative de la puissance maximale autorisée sur la bande 2,4 GHz,. En particulier T Mobile est totalement opposé à une augmentation de PIRE. British Telecom, a indiqué pour sa part, et suite à une modélisation fine des risques d'interférences, ne pouvoir accepter qu'une augmentation de la PIRE à 500 mW au maximum ;
- ces opérateurs ne croient pas à un mécanisme différenciant les situations urbaines et les situations rurales. Selon eux, la priorité doit être donnée aux usages croissants du WiFi en ville ;
- dans la bande 5,725 – 5,875 GHz, il semble qu'il y ait par contre un consensus pour dire qu'une augmentation de PIRE de 2W à 4W est souhaitable, au moins pour les zones rurales. (Cette proposition ne serait pas transposable aujourd'hui en France car l'accès à cette bande n'est pas autorisé)

1.2.2.2. Utilisation du WiFi aux Etats-Unis : une pratique de la régulation différente et un règlement des interférences a posteriori

L'approche américaine est très différente car **elle définit principalement des limites de puissance pour les émetteurs en entrée d'antenne**, et donne des limites de PIRE relativement élevées. Ces limites sont favorables au déploiement de solutions de connectivité WiFi à la campagne mais, en contrepartie, elles imposent de coordonner au minimum les différents acteurs en milieu urbain.

Aux Etats-Unis, ce rôle d'arbitrage est assuré a posteriori par les municipalités. Il semble ainsi en pratique que des actions ne soient lancées que lorsque des plaintes d'interférences remontent du terrain.

Par ailleurs, **deux bandes de fréquences supplémentaires sont ouvertes** par rapport à la situation française:

²⁴ Voir les résultats de la consultation OFCOM en <http://www.ofcom.org.uk/consult/condocs/powerlimits/>.

- **la bande des 3,65 - 3,7 GHz** : soumise à un régime de licence peu contraignant, cette bande vise à répondre au besoin de haut débit des zones rurales en proposant des puissances d'émission de 25 W PIRE pour les stations fixes, mais pose des problèmes d'interférences avec des équipements satellitaires ou radars ;
- **la bande des 4,94 - 4,99 GHz** : cette bande avec licence, peut être utilisée par les services gouvernementaux de protection civile : urgences, pompiers, forces de sécurité...

I.3. Un dynamisme important et des innovations sur le marché des équipements tardant à se généraliser

Un des principaux attraits de la technologie WiFi est l'existence d'une grande variété de terminaux qui, produits à grande échelle au niveau international, sont aujourd'hui disponibles à faible prix.

I.3.1. Des composants produits à très grande échelle et normalisés

Les industriels (notamment Intel) ont intégré le WiFi dans les ordinateurs portables, ce qui a contribué à généraliser la technologie et à réduire le coût des points d'accès grâce à la disponibilité de circuits produits à grande échelle.

Parallèlement aux efforts de normalisation au sein de l'IEEE, **le WiFi a également fait l'objet d'une labellisation** contrôlée par la WiFi Alliance, association créée en 1999, qui regroupe les industriels clés du secteur. La WiFi Alliance a pour mission de favoriser l'interopérabilité et la compatibilité des équipements WiFi pour converger vers une norme mondiale pour les réseaux locaux sans fil haut débit. Elle délivre des certifications aux équipements WiFi à partir de tests.

I.3.2. Un parc d'équipements important ayant des rythmes d'adoption des nouvelles normes différents entre secteur privé et secteur public

La concurrence entre équipementiers stimule la diffusion des terminaux WiFi, adoptés ainsi rapidement par le grand public.

Cependant, l'impact de ce dynamisme sur l'évolution des normes standardisées doit être relativisé car :

- certains produits sont présentés avec quelques incompatibilités par les équipementiers qui, parfois, anticipent les normalisations (Linksys, D-Link, Apple, Belkin ou Buffalo ont anticipé la norme 802.11g fin 2002) ;
- la généralisation d'une technologie peut souvent s'étaler sur trois à cinq ans.

Ainsi, malgré la très large diffusion du WiFi depuis plusieurs années, il demeure difficile de profiter rapidement de certaines évolutions de la norme (802.11i, 802.11e...), dans la mesure où l'on doit tenir compte de la coexistence de terminaux anciens, moins riches en fonctionnalités, avec les terminaux les plus récents implémentant les dernières versions.

En conclusion, **on estime qu'il faut de trois à cinq ans pour propager de nouvelles fonctionnalités dans les réseaux radio à large diffusion.**

A l'inverse, les améliorations de la norme se propagent rapidement dans le cadre des réseaux d'entreprise, qui ont la capacité d'imposer la mise à niveau du parc.

I.4. Conclusion

Apparus dans les années 90, les réseaux WiFi ont connu un essor considérable depuis cinq ans. Leur usage continue à croître rapidement, soutenu par des innovations techniques, réglementaires et industrielles. Les principaux atouts de cette technologie sont les suivants :

- **une norme** s'intégrant parfaitement dans les architectures de communication sur protocole IP et offrant des débits de communication élevés ;
- **l'utilisation de bandes libres d'usage, car non attribuées spécifiquement à un opérateur**, accessibles dans de nombreux pays : 2400-2483 MHz, 5150-5350 MHz (uniquement en indoor en Europe), 5470-5725 MHz et, dans certains pays, 5725-5825 MHz ;
- **une adoption rapide au niveau mondial**, accélérée par le pré-équipement quasi systématique des nouveaux ordinateurs portables; ce qui a abouti à **des coûts d'équipement modestes**, tant du côté des points d'accès que des terminaux.

De manière générale, l'utilisation principale de la technologie WiFi relève des réseaux locaux radio, « Radio Local Area Network » (RLAN), en entreprise ou à usage privé à l'intérieur de bâtiments, pour lesquels aucune déclaration n'est requise.

Mais l'émergence, depuis quelques années, de nombreux réseaux WiFi ouverts au public, proposant une offre d'accès Internet payante ou gratuite, offrant la possibilité de compléter une couverture DSL en zone rurale ou une alternative aux moyens de communication haut débit (fixe, nomade ou mobile) en zone urbaine, implique d'analyser les potentiels respectifs de ces nouveaux usages.

Partie II. Les marchés de services WiFi en France en 2006

II.1. Eléments de synthèse sur le marché WiFi en France

SagaTel a identifié quatre types d'usages référents de la norme WiFi :

1. **des usages de type RLAN²⁵**, à l'intérieur des bâtiments (usages d'origine, correspondant à un marché d'équipements dont l'analyse détaillée ne fait pas partie de cette étude) ;
2. **des usages d'accès Internet à partir de Hot Spots WiFi**, qui correspondent à un marché de services développé sous l'impulsion des fournisseurs de services mobiles ;
3. **des usages d'accès à Internet en zone rurale**, utilisant le WiFi comme technologie de substitution au DSL quand ce dernier n'est pas disponible, et développés souvent à l'initiative des collectivités territoriales avec d'autres acteurs (opérateurs ruraux, associations,...) ;
4. **des usages « urbains » à partir d'un réseau dense de points d'accès** obtenu par juxtaposition de RLAN privés haut débit, capable de supporter des services convergents voix-données mais aussi fixes, nomades, voire mobiles. Ces usages correspondent à un nouveau marché de services piloté par les fournisseurs de services haut débit.

Le marché traditionnel des équipements WiFi utilisés dans la sphère privée se répartit entre la première catégorie d'usages (routeurs WiFi distribués par les constructeurs/revendeurs et les intégrateurs) et la dernière ("Boxes" WiFi supervisées par des fournisseurs de services).

On peut en outre distinguer deux segments dans le deuxième marché : celui des services d'accès payants (usages payés les utilisateurs) et celui des services d'accès offerts (connexions et installations payées par les gestionnaires des emprises).

En définitive, quatre marchés et segments seront analysés dans cette partie :

- le marché des Hot Spots payants ;
- le marché des Hot Spots « gratuits » pour l'utilisateur final (commerçants+municipalités);
- l'utilisation du WiFi pour la desserte rurale ;
- les nouveaux services convergents WiFi.

²⁵ Radio Local Area Network.

II.2. Le marché des accès Internet à partir de Hot Spots payants

II.2.1. Description générale du marché

II.2.1.1. Un marché segmenté en niches indépendantes que se partagent quelques opérateurs

Chaque acteur s'est positionné sur des niches de marché (aéroports, hôtels, gares, résidences universitaires, ports de plaisance...) en se spécialisant:

- Naxos, filiale de la RATP, sur le marché des stations et gares ;
- Hub Telecom, filiale d'ADP, sur le marché des aéroports
- WiFirst, très bien positionné dans le monde étudiant
- Swisscom eurospot, qui traite uniquement le marché des hôtels

Peu d'opérateurs s'intéressent à toutes les niches et celle des hôtels est de loin la plus convoitée.

II.2.1.2. Un acteur structurant de ce marché : l'initiative « Wireless Link », une originalité française

L'association Wireless Link, fondée en 2003 à l'initiative des trois opérateurs mobiles, regroupe aujourd'hui neuf acteurs : Orange, SFR, Bouygues, Neuf Telecom, Meteor Networks, Hub Telecom, WiFirst, Visacom, Naxos.

La motivation principale de l'association est de faciliter l'itinérance (roaming) des abonnés de tel ou tel membre vers les Hot Spots des autres membres, d'un point de vue technique et administratif (facturation simple, interlocuteur unique par site etc.).

De manière générale, l'association vise également à développer l'usage du WiFi en France.

Les accords commerciaux d'itinérance sont négociés bilatéralement entre acteurs, avec d'un côté le gestionnaire du Hot Spot « Visited Wireless Internet Service Provider, V-WISP », et de l'autre, le gestionnaire de l'abonné, « Home Wireless Internet Service Provider, H-WISP ».

II.2.1.3. Orange, acteur principal du marché

Il faut souligner le poids important d'Orange sur ce marché, en tant que gestionnaire d'abonnés, avec une base de 22 millions de clients GSM en 2006, mais aussi en tant qu'opérateur technique de Hot Spots qui sont utilisés par ses propres clients ou par les clients d'opérateurs tiers avec lesquels des accords d'itinérance ont été établis.

II.2.2. Données quantitatives : nombre de Hot Spots et trafic transporté

II.2.2.1. En 2006, 34 000 Hot Spots, dont 3 600 Hot Spots d'opérateurs

Le tableau ci-dessous présente les différents espaces d'accès grand public à un service Wi-Fi en distinguant :

- 1) Les **Hot Spots publics payants** déployés par les opérateurs ;
- 2) Les **Hot Spots privés ouverts** déployés par des intégrateurs, avec des services offerts ou payants ;

- 3) Les **réseaux RLAN privés ouverts au moyen d'un double identifiant** ²⁶(Live Box Pro d'Orange) et référencés dans la base de données (Wireless Link) ;
- 4) Les réseaux RLAN privés ouverts au moyen d'un double identifiant (Fonera de FON) et référencés dans une autre base de données que celle de Wireless Link.

Notons que selon nos sources, le terme de Hot Spot couvre des réalités différentes (1 emprise=1 Hot Spot ou 1 Point d'accès=1 Hot Spot selon les bases de données).

Le tableau ci-dessous réorganise le nombre de Hot Spots – publics et privés – correspondant à un service payant (1 Hot Spot par emprise). On distingue plusieurs catégories de Hot Spots, avec en particulier :

- ceux mis en œuvre par les opérateurs qui investissent dans le matériel (point d'accès + sécurité) et paient de manière récurrente les frais de raccordement de ce Hot Spot à Internet (service d'opérateur) ;
- ceux appartenant ou pris en charge par le propriétaire d'une emprise, qui prend en charge l'investissement et les frais récurrents pour en offrir l'usage à ses clients ;
- ceux qui relèvent de réseaux domestiques privés et qui sont ouverts au public de manière marginale au travers d'un identifiant dédié différent de celui du réseau privé. (réseau privé ouvert de manière « marginale »)

Les analyses effectuées dans le cadre de l'étude conduisent à une estimation **en 2006** d'environ **3600 Hot Spots payants** faisant l'objet d'un investissement par les opérateurs ; contre environ 1000 Hot Spots offerts et une majorité - environ 40 000 - de Hot Spots de type RLAN ouverts (payants ou non).

Tableau 5 - Distribution des Hot Spots et des RLAN « ouverts »

	Aéro-ports	Gares SNCF	Stations RATP	Centres d'affaires	Hôtels	Cafés Restos	Cités U	Commerces	Entreprises	Particuliers	
Hot Spots	(1)	~25*	50	90	100	2500		20			
	(2)				100-200	600					
RLAN double identifiant	(1)			?	1300 +200	600		1800 +200	2600		
	(2)			?				11000 +10000 ?		4000- 7000	
Dépl. propre	5			?	?	300-500	?				<1000
Total H. Spots	~30	50	90	~300	3100		20				~3600
Total RLAN				~1500	~1000	~20				-37 000	~40 000

(1) Dans l'annuaire Wireless Link

(2) Hors annuaire Wireless Link

* 45 Hot Spots dans l'annuaire Wireless Link, dont 21 pour Paris et 2 pour Nantes

²⁶ Ces points d'accès gèrent simultanément deux réseaux, avec d'un côté, leur réseau WiFi privé d'entreprise ou domestique avec accès aux ressources internes et de l'autre, un accès « public » permettant à des utilisateurs grand public banalisés de sortir directement vers Internet comme dans le cas d'un hot Spot public

II.2.2.2. Un trafic qui double chaque année et des volumes de roaming minoritaires

L'évolution 2004-2006 du nombre de Hot Spots et du trafic est représentée ci-dessous.

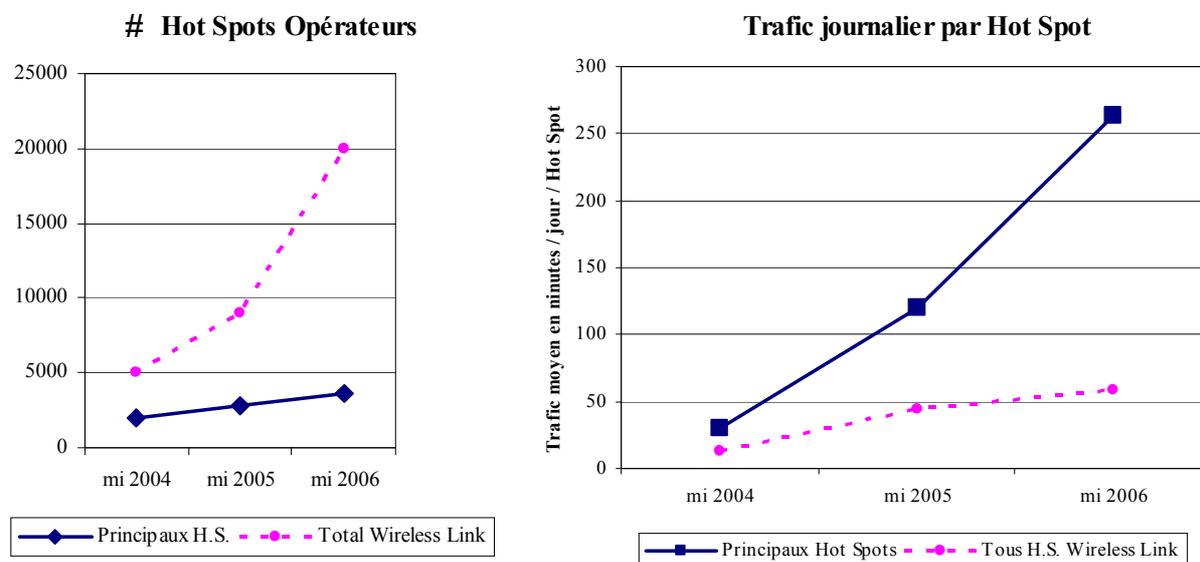


Figure 6 - Evolution de l'usage WiFi en France (périmètre des Hot Spots opérateurs)

Ces éléments sont évalués à partir des estimations de périmètre mentionnées ci-dessus et des données agrégées de l'association Wireless Link.

Une part importante de ce trafic (39% en 2006) correspond aux utilisateurs en résidence universitaire, qui bénéficient de "forfaits" étudiant commercialisés notamment par WiFirst.

En revanche, le trafic de roaming est marginal aujourd'hui puisque 80% des minutes sont payées au moyen de systèmes de pré-paiement (cartes à gratter, CB).

II.2.3. Un marché de 18 M€ en 2006, provenant essentiellement du secteur hôtelier

Sur la base d'informations publiées et d'entretiens avec les principaux opérateurs opérant en France, on estime que le marché des opérateurs WiFi en France en 2006 est de l'ordre de **18 M€**²⁷. Ce chiffre est relativement modeste puisque, à titre de comparaison, il représente 1000 fois moins que le marché des services GSM²⁸.

Le tableau 7 donne la décomposition entre différents segments de marché, qui fait apparaître le poids prédominant du marché hôtelier, suivi par celui des aéroports.

²⁷ Les services indirects générés (fourniture accès DSL forfaitisé, gestion d'accès) représentent 0,5 M€ supplémentaires.

²⁸ Source ARCEP.

Tableau 7 - Marché des Hot Spots opérateurs

Catégories	Nombre de HS	Marché 2006 (M€ HT)	Croissance du nombre de sites	Croissance des trafics
Hôtels, Résidences				
Hôtels	3100	13-14	Modérée	Chiffre d'affaires < 20M€
Résidences Universitaires	20	~0,4		
Lieux de déplacements				
Aéroports	25	2-3	Non	Oui
Gares SNCF	50	~0,3	Non	Modérée
Stations RATP	90	~0,1	Non	Stable
Centre de congrès	~300	~0,4	Modérée	Chiffre d'affaires < 1M€
Total	~3600	18 M€		Modérée

II.2.4. Description des différents segments relatifs au marché des Hot Spots payants

Le marché du WiFi payant actuel correspond essentiellement au déploiement, par les opérateurs, de Hot Spots sur des lieux de séjour, de passage et de transport fréquentés par les voyageurs d'affaires

On constate une tendance à des usages de plus en plus grand public de ce type de connexions.

Dans l'ordre décroissant, ce marché est dominé par les hôtels, les aéroports, les centres de conférences et les gares (SNCF et RATP) :

1. **Le marché des hôtels est convoité** par la plupart des opérateurs et constitue le cœur du marché des Hot Spots. Ce marché pèse 13 à 14 M€ et concerne près de 2500 sites où les temps de connexion sont les plus importants et où chaque acteur bénéficie d'une exclusivité.
2. **Le marché de l'accès sur les lieux de déplacements/transports**, avec le déploiement de Hot Spots sur les aéroports, gares, centres de congrès, principalement fréquentés par les voyageurs d'affaires, est un marché de niche, partagé entre des acteurs généralistes et spécialisés. Il représente moins de 300 Hot Spots pour une valeur d'environ 4 M€ par an. Comme les acteurs ont organisé leur déploiement en fonction de la fréquentation des sites, les emprises les plus intéressantes sont toutes équipées et la croissance du marché devrait *a priori* provenir principalement de la croissance des usages.

II.2.4.1. *Le segment des hôtels : le principal marché de Hot Spots WiFi avec un chiffre d'affaires de 13-14 M€, est tiré par les opérateurs télécoms*

A. Couverture WiFi des Hôtels

- a)- *Nature du service : l'offre WiFi dans les chambres permet des durées de connexion plus longues*

La plupart des hôtels s'orientent sur la fourniture de services dans les chambres, et non pas seulement dans les halls et parties communes, pour permettre aux clients de se connecter plus longtemps. Le déploiement requis est donc relativement extensif selon la taille des hôtels.

b)- Nombre de Hot Spots

Sur la base des informations publiées par différents acteurs, on estime qu'environ 20% des hôtels en France propose du WiFi, soit **environ 3 500-4 000 établissements sur un parc total d'environ 18 000 établissements en France (source INSEE)**. Ceci recouvre des réalités différentes :

- les hôtels ayant signé un accord avec des opérateurs qui déploient et exploitent un service hébergé par l'hôtelier (pas d'investissement de la part de l'hôtelier) : ex : Groupe Accor, Chaîne Best Western, Holiday Inn, ..
- les hôtels ayant déployé une installation WiFi complète à leur frais, et demandant à un opérateur d'exploiter un service pour leurs résidents, soit payé par les clients soit offert par l'hôtelier (peu d'investissement de la part des opérateurs) ;
- les hôtels ayant un abonnement WiFi propre de type particulier (exemple : box) ou entreprise, et offrant des accès par exemple au niveau de leur hall de réception.

Par rapport à ce parc général, le marché des « Hot Spots WiFi d'opérateurs » concerne seulement **2 500 hôtels** (exploitation opérateurs, facturation directe des utilisateurs), correspondant à des partenariats dans lesquels les chaînes hôtelières donnent accès à leur parc aux opérateurs (accords sans flux financier entre les partenaires).

c)- Couverture géographique et perspectives d'évolution

Dans l'annuaire de Wireless Link, on constate que les hôtels se répartissent ainsi géographiquement :

- 25% des établissements se situent en région parisienne, zone la plus rentable pour ce type de service qui intéresse a priori toutes les catégories d'hôtels ;
- 25% des établissements se situent dans une des 50 autres plus grandes agglomérations de France (Lyon, Aix-Marseille, Lille, etc.) ;
- le reste se situe dans de plus petites villes ou en région touristique.

Remarquons que cette répartition est donnée à titre indicatif car elle ne donne pas forcément une image exacte du parc, dans la mesure où les hôtels répertoriés dans l'annuaire Wireless Link ne correspondent qu'à 12% du parc hôtelier français. En pratique, on estime que la proportion des hôtels proposant du WiFi est beaucoup plus élevée. En effet :

- des hôtels WiFi ayant retenu un opérateur non membre de Wireless Link ne sont pas comptabilisés (ex : Swisscom Eurospot)
- L'annuaire de Wireless Link n'est pas totalement synchronisé avec le parc effectif de ses adhérents.

A l'heure actuelle, les opérateurs n'ont pas l'intention d'équiper un plus grand nombre d'hôtels au vu des taux de rentabilité théoriques de ces établissements car pour l'instant, hors de la région parisienne, seuls les hôtels de catégories supérieures (trois étoiles et plus) enregistrent des consommations satisfaisantes pour les services WiFi

Ainsi, on voit donc se développer des **accords « hôteliers-opérateurs »** d'un autre type, dans lesquels le financement des investissements repose sur les hôteliers, les opérateurs ne fournissant que le raccordement vers Internet et la gestion du service. Ces nouveaux contrats sont proposés par des acteurs comme Orange ou Meteor Networks. Cette évolution pourrait soutenir l'augmentation du taux d'équipement sur l'ensemble des hôtels.

En revanche, la tendance est plus incertaine concernant l'équipement des hôtels une et deux étoiles indépendants des petites villes ou des zones rurales, qui constituent cependant près de 60% du parc français. En effet

- ces établissements ont un taux d'occupation trop faible pour avoir la capacité financière pour investir dans le déploiement de services WiFi ;
- par ailleurs, il n'est pas évident qu'ils obtiennent une meilleure fréquentation en investissant dans un service WiFi.

Enfin, SagaTel identifie une dernière piste de croissance du taux d'équipement WiFi des hôtels en France, à savoir les contrats de « **fourniture WiFi par l'hôtelier** », qui permettent notamment d'inclure le prix du service WiFi dans le prix de la nuitée, par différence avec les services proposés par les opérateurs.

d)- Un marché attrayant pour les opérateurs

La plupart des acteurs tentent de se positionner sur ce marché (voir figure suivante) :

- on constate une **forte présence d'Orange**, qui a signé un contrat avec le groupe Accor et a une base de déploiement de près de **1500 établissements** (soit une part de marché d'environ 60%) ;
- **le second acteur est Meteor Networks**, qui a une stratégie spécifiquement orientée vers les hôtels de la région parisienne ;
- **SFR** a également développé de nombreux accords avec l'hôtellerie de chaîne (Best Western, Exclusive Hôtels, ..)
- **Swisscom Eurospot**, dont la stratégie est très orientée sur les marchés paneuropéens, avec un réseau de près de 3000 hôtels en Europe ;
- **Bouygues Télécom, Hub Télécom, Visacom, WiFirst** dans une moindre mesure.

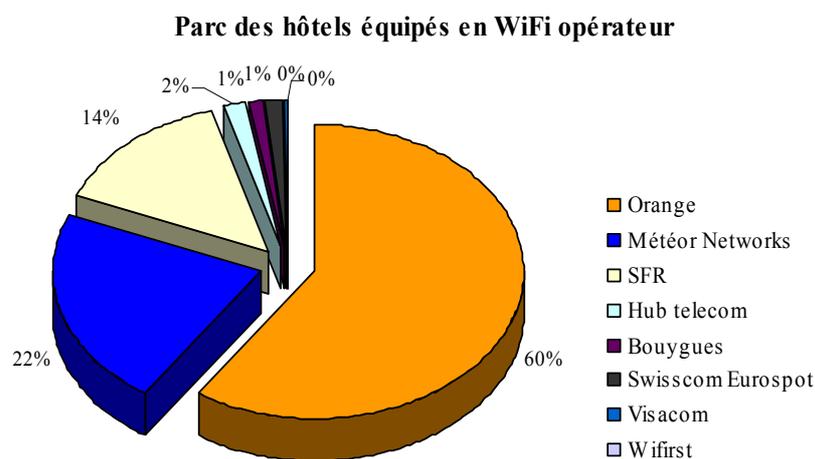


Figure 8 - Présence des opérateurs sur le marché des Hot Spots d'hôtels en France

B. Un marché d'environ 13 M€ en 2006

Trois méthodes d'évaluation du marché des hôtels conduisent à des résultats similaires, de l'ordre de 13 M€ :

- sur la base des usages : avec une moyenne de 3 connexion par jour²⁹ et par hôtel, on obtient un marché de 12,8 M€ ;
- selon les acteurs du marché : le marché vient d'atteindre l'équilibre en 2006. Sur la base du parc installé et sur une hypothèse de ROI de 4 ans, on évalue le marché à 12,3 M€ ;
- selon les opérateurs : les investissements consentis s'élèvent à environ 37 M€, pour un montant moyen de 15 k€ par hôtel. Moyennant des hypothèses classiques³⁰, le marché est estimé à 12,7 M€.

C. Conclusion sur le marché des hôtels

Les acteurs ont eu deux stratégies pour occuper ce segment marché :

- d'un côté, certains acteurs déterminent la rentabilité des sites, au cas par cas ;
- de l'autre, des opérateurs ont signé des accords généraux avec des chaînes hôtelières (Orange-Accor, Hub Telecom-Alliance Hospitality, SFR-Best Western,...).

Selon les opérateurs, les résultats sont en demi-teinte sur l'ensemble du parc équipé, **les usages n'en étant encore qu'à leurs balbutiements, notamment dans les hôtels bas de gamme.**

D'après les différents acteurs consultés par SagaTel, la base installée par les opérateurs restera stable. Cependant :

- **l'usage** pourrait permettre une augmentation non négligeable des recettes des opérateurs. A l'heure actuelle, les usages correspondent environ à 2 utilisateurs par jour. Un réajustement des tarifs à 5-10 € par jour pour des sessions plus longues et plus riches en contenus pourrait apporter une hausse non négligeable de chiffre d'affaires avec un potentiel de croissance jusqu'à 20 M€ par an.
- **l'élargissement de la couverture des hôtels** pourrait également conduire à étendre ce marché, avec une impulsion donnée par les hôteliers et les acteurs professionnels du secteur (intégrateurs, opérateurs, ...).

II.2.4.2. Le marché des aéroports, un marché d'environ 3 M€

A. Un marché d'environ 3 M€

Ce segment de marché est le deuxième en valeur après celui des hôtels, avec un montant de l'ordre de **2 à 3 M€** pour 2006. Cette estimation repose sur deux approches :

- l'une basée sur les données de trafic (nombre de connexion par jour) et de fréquentation ;
- l'autre sur le montant des investissements des opérateurs.

Ce genre de service n'est pas rentable sur de petites structures drainant un faible trafic de passagers. Il concerne donc essentiellement pour l'instant les 7 à 10 plus grands aéroports français.

²⁹ Sources : entretiens, études et articles de presse.

³⁰ Hypothèses : ROI de 4ans et coûts d'exploitation de 10%.

B. Une offre géographique stabilisée et structurée autour de quelques acteurs

L'étude permet de penser que **l'offre actuelle couvre géographiquement le territoire de manière suffisante** car les aéroports non couverts ne gèrent que peu de trafic passagers (moins de 5%).

Deux opérateurs sont particulièrement présents :

- **Hub Telecom**, filiale des Aéroports de Paris qui couvre les zones de départ et d'embarquement ;
- **Orange** au travers de son accord avec Air France pour équiper ses salons.

Les opérateurs ont développé de nombreux accords de roaming pour permettre à leur clientèle d'utiliser les Hot Spots de l'ensemble des aéroports. Ainsi, Hub Telecom affiche des partenariats avec Ipass, Orange, SFR, Bouygues, Boingo, We Roam, Tekworld...

Par rapport à l'équipement de nouveaux aéroports, on peut cependant avancer plusieurs remarques :

- le phénomène des compagnies aériennes à bas prix (Ryanair, Easyjet, ...) entraîne des surcroûts de trafic non négligeables dans les aéroports secondaires ; il n'est cependant pas certain que les voyageurs concernés soient dans le cœur de cible des opérateurs de Hot Spots WiFi payants ;
- par contre, pour des raisons de maintien d'attractivité du territoire, certaines collectivités pourront penser que l'équipement de l'aéroport local en Hot Spots WiFi représente un critère important et décident de financer elles-mêmes ce genre de déploiement.

C. Une croissance corrélée au développement des usages

Par rapport aux usages, la croissance du marché ne viendra pas tant, par différence avec les hôtels, de la croissance du trafic par session (le temps disponible pour un voyageur étant relativement limité) ; mais plutôt de l'amélioration du taux d'équipement des voyageurs en appareils et terminaux compatibles avec le WiFi.

II.2.4.3. Le marché des centres de congrès, un marché de moins de 1 M€

Plusieurs modèles d'exploitation sont présents dans les centres de congrès :

- l'opérateur offre un service WiFi payant classique au moyen notamment de cartes pré-payées ;
- l'opérateur vend une offre globale de bande passante au centre de congrès, que celui-ci revend ensuite aux exposants.

A. Un marché de moins de 1 M€

Ce segment de marché représente **moins de 1 M€ pour 300 Hot Spot** concentrés dans les trois zones principales de "tourisme d'affaires" (Ile-de-France, PACA, Rhône-Alpes).

De par les surfaces de ces emprises, **les investissements des opérateurs sont en moyenne plus grands que, par exemple, dans le secteur des hôtels, pour atteindre 30 k€ par centre.**

B. Opérateurs présents dans les centres d'affaires

Les principaux opérateurs présents sur ce marché sont essentiellement **Orange**, puis **Swisscom Eurospot** (centre d'affaires Regus) et **SFR**.

Hub Telecom s'est également positionné sur le secteur en remportant les marchés du Parc des Expositions de la Porte de Versailles et du Palais des Congrès à Paris.

C. Un marché saisonnier quelque peu délaissé par les opérateurs

Les opérateurs estiment que les centres de congrès sont *a priori* intéressants, car les manifestations y durent plusieurs jours et les participants sont généralement relativement « friands » de nouvelles technologies.

Le caractère nettement saisonnier de cette activité en limite néanmoins la rentabilité.

II.2.4.4. Le marché des gares, un marché de moins de 500 k€

A. Un marché de moins de 500 k€

Le segment de marché des gares représente **moins de 500 k€** par an qui se répartissent entre les gares SNCF et les gares/stations RATP. Ces dernières génèrent une activité négligeable (moins de 100 k€) par la nature même des déplacements.

B. Neuf Cegetel et Naxos, deux acteurs sur les emprises ferroviaires

Sur ce segment, on observe une certaine spécialisation des opérateurs :

- **Neuf Cegetel** s'est assuré l'exclusivité des emprises SNCF soit 51 gares ;
- **Naxos** est une filiale de la RATP qui couvre 41 de ses sites.

C. Perspectives d'évolution sur le marché des gares

Le marché des gares SNCF répond aux caractéristiques suivantes :

- **les gares des principales villes françaises et les axes de trafic principaux** sont déjà équipés par l'opérateur Neuf Cegetel ;
- **le temps moyen de connexion des usagers reste limité aux quelques minutes** de présence en gare avant de prendre un train.

La croissance des chiffres d'affaires sera sans doute corrélée au développement des nouveaux axes de transport (par exemple, l'arrivée du TGV Est qui augmentera le trafic des gares régionales) et à l'extension de l'offre de connectivité Wi-Fi (déploiement de services dans les TGV, par exemple).

II.2.4.5. Autres segments du marché

A côté de ces principaux segments de marché, il existe un certain nombre d'acteurs offrant des services payants sur **des cibles spécialisées** : résidences universitaires, commerces, infrastructures de loisirs, ports...

- **WiFirst**, de par son lien avec Firststream/OFUP, est bien implanté dans le milieu des résidences étudiantes,
- **Wesea** cible les ports de plaisance,

II.3. Les Hot Spots WiFi à usage offert : un phénomène encore secondaire

S'inscrivant dans les concepts de la sphère Internet (monde libre, communauté, gratuité), le service du WiFi offert représente une niche relativement limitée. On y rencontre deux modes de financement :

- financement direct, ou via la publicité, par les propriétaires d'infrastructures (généralement les commerçants recherchant une hausse de fréquentation);
- financement public par les collectivités, pour des missions de services aux citoyens.

II.3.1. Le marché du WiFi offert par les commerçants : un modèle local encore peu structuré de moins de 0,5 M€

A l'heure actuelle, ce marché concerne surtout des commerces de type restauration (cafés, restaurants, restauration rapide), avec éventuellement quelques hôtels délaissés par les opérateurs.

II.3.1.1. De petits acteurs localisés en région parisienne, gérant un faible nombre de Hot Spots

Ce marché a démarré en même temps que le marché du WiFi payant occupé par les opérateurs (2003) mais il est beaucoup moins structuré. Dans un premier temps, les propriétaires ont effectués des déploiements « basiques ».

Orange a ensuite apporté une réponse **payante et opérée** avec la Livebox Pro qui facture le service aux usagers et **ne permet donc pas aux commerçants d'offrir le service**.

Les principaux acteurs présents sur ce marché sont **Adael, Hot Café, Wistro, Free Hot Spot** (société irlandaise), qui se sont positionnés avec des offres et des "Business Models" différents (voir tableau 9).

Tableau 9 - Positionnement des principaux des acteurs sur le marché du WiFi offert

	Mode opéré	Revenus publicitaires	Intégrateurs
Fourniture Equipement	x	x	x
Déploiement intégrateur / facturé au propriétaire		Partenaires locaux	x
Déploiement par acteur	x		
Raccordement DSL	x	A charge propriétaire	A charge propriétaire en général
Maintenance	x		Selon acteur
Exploitation	x		Selon acteur
Abonnement mensuel (payé à l'acteur)	De l'ordre de 100 €	Non	Possible si contrat de maintenance
Coût d'usage payé par les clients	Non	Non	Non
Source des revenus	Mensualités et services commerciaux	Publicité (reversement d'un pourcentage des recettes au propriétaire)	Déploiement pour l'essentiel
Nombre de HS à Paris	350	30	160
Nombre de HS en Province	50	20	120
Nombre total de HS	400	50	280

Bleu=coûts d'investissement Vert=coûts récurrents

II.3.1.2. Des modes de rémunération et des niveaux de prestation divers

Le marché des Hot Spots **gratuits** au niveau des infrastructures de loisirs peut donc être **segmenté selon les modes de rémunérations des différents acteurs** qui correspondent à différents besoins des propriétaires des emprises :

1. La rémunération issue de la vente d'équipements et des prestations d'installation dans **un modèle d'intégrateur**;
2. La rémunération issue de la souscription de l'abonnement ADSL, de la location d'un routeur et de prestations de service d'exploitation, de maintenance, de sécurité dans **un modèle opéré** : ce modèle permet aux propriétaires de s'assurer du respect des contraintes légales, comme l'archivage des données de connexion, et de s'affranchir des aspects télécom, éloignés de leur cœur de métier ;
3. La rémunération issue de **recettes publicitaires**. Ces acteurs répondent à une nouvelle demande des établissements en **services publicitaires** pour toucher une plus large clientèle par voie d'annuaire en ligne ou via un site Web.

II.3.1.3. Un marché d'un demi-million d'euros qui cherche de nouvelles pistes de développement

A. Un marché fragilisé par le turnover des acteurs

Les propriétaires (restaurateurs, commerçants...) n'envisagent généralement pas naturellement de fournir un service WiFi dans leur établissement.

Les quelques commerces actifs dans ce secteur estiment que l'offre de services WiFi permettra un changement de clientèle ou une augmentation de la fréquentation sur des heures traditionnellement creuses.

Un démarchage commercial ciblé est donc nécessaire pour s'assurer une base de clients potentiels. Cet investissement ne se révèle pas encore suffisant :

- **les propriétaires de café changent régulièrement.** Convaincre un cafetier d'installer un Hot Spot est d'autant plus difficile que les hausses de fréquentation ne s'observent que plusieurs mois après l'installation ;
- les niveaux de prestations inégaux, et les tarifs associés, contribuent au **manque de visibilité du marché** et ne favorisent pas l'investissement des propriétaires

En conséquence, les chiffres d'affaires associés ne sont pas très importants : chaque acteur principal ne réalise en moyenne qu'un chiffre d'affaires d'une centaine de k€, soit un chiffre d'affaires total pour ce marché de **moins d'un demi million d'euros** en 2006.

B. Pour augmenter leurs revenus, les acteurs cherchent à se diversifier ou à gagner de nouvelles emprises en province

Compte tenu du marché, les acteurs ont actuellement tendance à rechercher des sources de revenus complémentaires par **la création de régies publicitaires** :

- ainsi, certains acteurs se fixent un objectif de 40% de revenus publicitaires sur leur chiffre d'affaires : ceci devrait correspondre à un objectif de revenus publicitaires d'environ 70 € par mois par café, obtenu en démarchant les commerces à proximité.
- d'autres se proposent de vendre de la publicité contextuelle / comportementale (basée sur les sites consultés par les consommateurs) aux commerçants locaux. Ces nouveaux clients seront trouvés grâce à des partenariats avec des professionnels de la publicité de proximité comme Pages jaunes, Thomson local, etc.

Cette diversification peut être associée à une croissance géographique vers les grandes villes de province.

Pour s'assurer des revenus durables, les acteurs devront relever deux principaux défis :

- **développer un réseau de proximité** : de sous-traitants (installation, maintenance) ; d'annonceurs et de commerces locaux (nouveaux clients, adaptation des contenus publicitaires) ;
- **gérer à distance le service** d'un point de vue technique (plateforme) notamment sur les services publicitaires (contenus dynamiques, outils d'analyse comportementale).

Les différents acteurs pourraient également se diversifier en répondant à des **appels d'offres des collectivités** qui commencent à proposer à leurs administrés des services WiFi gratuits.

II.3.2. Le marché du WiFi gratuit offert par les collectivités : entre image de marque et service public

Les municipalités considèrent les Hot Spots WiFi comme un moyen, en l'absence d'initiative privée, de proposer de l'accès haut débit aux citoyens privés de connexion.

II.3.2.1. Une compétence d'opérateur de réseaux ouverts au public définie par l'article L. 1425-1 du Code Général des Collectivités Territoriales

Aux termes de l'article L. 1425-1, les collectivités territoriales peuvent établir et exploiter des infrastructures et des réseaux de communications électroniques ouverts au public. Elles peuvent également, sous certaines conditions, proposer directement des services à l'utilisateur final.

Le texte prévoit en effet que les collectivités peuvent, après publication préalable de leur projet dans un journal d'annonces légales et communication à l'ARCEP :

- établir ou faire établir, par le biais d'un cocontractant, une infrastructure passive et des équipements actifs de transmission ou de commutation ;
- exercer ou faire exercer via un cocontractant une activité d'opérateur d'opérateurs, en mettant à disposition des FAI la capacité nécessaire à leur activité auprès des clients finaux ;
- fournir elles-mêmes ou via un cocontractant des services de télécommunications aux clients finaux, à condition d'avoir constaté l'insuffisance d'initiatives privées, après un appel d'offres déclaré infructueux.

II.3.2.2. Des conditions de mises en œuvre restreintes pour limiter les impacts sur le marché concurrentiel

Interrogés sur ce point, les opérateurs commerciaux du WiFi ne voient a priori pas d'inconvénient à ce type de déploiements s'ils n'entrent pas en concurrence frontale avec leurs propres offres. Ces opérateurs se positionnent d'ailleurs souvent pour répondre aux appels d'offres. Les acteurs les plus opposés sont plutôt les opérateurs de type mobile afin de protéger les investissements consentis pour déployer leurs réseaux cellulaires.

Les municipalités actives dans le domaine cherchent aussi à **limiter l'impact concurrentiel des services offerts** à travers différentes restrictions de leurs projets. On assiste donc à différents types de déploiements :

- Les municipalités peuvent prolonger par des points d'accès WiFi les accès filaires existants dans les bâtiments municipaux (salle de lecture des bibliothèques, hall de mairie ...). La mise à disposition de ces points d'accès répond ainsi au principe de mutabilité du service public en offrant le même type de service que celui offert sur les postes de consultation déjà installés et à destination des terminaux nomades des usagers.
- Certaines municipalités peuvent aussi proposer un service de fourniture d'accès à Internet en WiFi en extérieur (parcs et jardins par exemple) : ces projets visent non seulement une cible touristique mais aussi les usagers de ces lieux publics.
- Il est possible enfin de limiter, dans le cas de réseaux ouverts au public, l'accès à certains usages (restriction par "bridage applicatif") ou à certaines tranches horaires (par exemple parcs et jardins, place de mairie).

La mise en œuvre pratique de ces projets passe par l'appel à des opérateurs / prestataires / intégrateurs qui s'occupent de l'exploitation des Hot Spots pour un **abonnement mensuel forfaitaire** (indépendant de l'usage) réglé par la municipalité. Cependant :

- la municipalité peut fournir un **apport en nature (point haut, pré-aménagement de sites)** en échange de la fourniture d'un service
- un **accord plus général de fourniture de services télécoms** pour ses besoins propres peut être recherché par la municipalité : c'est, par exemple, le cas des accords signés avec France Télécom-Orange dans le cadre des différentes chartes d'agglomérations innovantes (exemple : accord général à Montpellier avec annonce dans la foulée de la mise en place de 85 Hot Spots).

II.4. Le WiFi en zone rurale

II.4.1. Etat des lieux

Les « zones blanches » (non desservies en haut débit) sont dispersées sur l'ensemble du territoire. De nombreuses communes sont concernées avec, pour chacune, des spécificités topographiques et des configurations télécoms. Pour amener le haut débit dans ces zones, il est nécessaire d'agir sur deux leviers :

- **la desserte**, c'est-à-dire relier au haut débit les abonnés à un point de sortie ;
- **la collecte**, relier ce point de sortie à un réseau de backbone Internet.

La technologie WiFi commence à être utilisée en zone rurale pour répondre à ces deux problématiques, dans l'attente d'autres solutions comme l'ADSL, le WiMax ou la fibre optique.

II.4.2. Un marché occupé par des acteurs alternatifs

Le marché du WiFi de désenclavement numérique est occupé par des acteurs alternatifs qui pallient la carence d'offres ADSL sans détenir de solution de bout-en-bout, à l'exception de France Telecom ou de certains opérateurs nationaux dont le secteur rural ne constitue pas la cible prioritaire. On peut ainsi citer sur ce marché :

- **des opérateurs associatifs** : Coopérative Quinode, Club Tolosane Informatique...
- **des opérateurs régionaux privés** : Numéo, Infosat ICPS, Nomotech...

Les projets de desserte en WiFi nécessitent une organisation de la collecte des flux de desserte :

- soit ces acteurs utilisent les technologies de collecte qu'ils maîtrisent (WiFi, WiMax, satellite ou autres) ;
- soit ils bénéficient d'un soutien de la part des collectivités :
 - o en **nature**, de type pré-équipement de site, mise à disposition de points hauts, aide à la commercialisation (exemple : département de la Drôme) ;
 - o en **transport**, grâce à des Délégations de Service Public ou d'autres solutions de mutualisation (cas futur d'un syndicat d'électrification qui se constituerait opérateur d'opérateurs).
- soit ils établissent des partenariats avec des opérateurs nationaux (sortie Internet très haut débit, plateforme) : par exemple Numeo avec Neuf CegeTel

II.4.3. Les atouts du WiFi pour desservir les zones blanches

II.4.3.1. Des coûts d'équipements et de déploiement abordables

Afin d'évaluer le coût des équipements WiFi dans une optique d'aménagement numérique, SagaTel s'appuie sur les données retranscrites dans le tableau 10 :

Tableau 10 – Eléments de coûts des offres WiFi en zone rurale

Source	Backhaul ³¹	Dimensionnement Abonnés par PA	Débits	Abonnement € TTC/mois	Coûts globaux HT par relais déployé
Orange Pack Surf WiFi	LL 2 Mbit/s (éventuellement satellite)	35	- 128 kbit/s - 512 kbit/s - 1 Mbit/s (LL uniquement)	- 19,9 € - 25,9 € - 39,9 €	19,9 k€
Opérateur local 1	WiFi	15 abonnés minimum	2 Mbit/s	29,9 € + 5 € (modem)	10,5 K€
Opérateur local 2	-	20 abonnés	2 Mbit/s	Cible de 30 €	Relais = 1 k€ Déploiement = 2 à 3k€

Sur cette base, on estime qu'une commune devrait investir entre **12 k€ et 14 k€ par relais (tout compris) pour un ratio de 20 utilisateurs par Point d'Accès.**

II.4.3.2. Le WiFi, une technologie de desserte à coût réduit

Par rapport aux autres solutions de **desserte** disponibles, le WiFi permet de déployer rapidement un réseau haut débit à **moindre coût**. En effet :

- les technologies de type CPL (Courants Porteurs en Ligne, sur la distribution d'électricité) présentent des débits limités, avec des contraintes de maintenance et d'exploitation dépendant d'EDF ;
- les technologies FTTH sont actuellement coûteuses et ne seront pas déployées en priorité dans les zones rurales peu denses considérées ici ;
- le WiMax n'est pas encore généralisé dans les équipements terminaux.

Les flux de desserte doivent être ensuite agrégés par un réseau de **collecte** qui constitue souvent un goulet d'étranglement.

II.4.4. Principaux retours d'expérience sur les architectures WiFi rurales

II.4.4.1. Des expériences qui se développent mais qui trouvent des limites dans le réseau de collecte

Les normes WiFi actuelles proposent théoriquement des débits maximum de l'ordre de 54 Mbit/s. Cependant, les débits réels sont nettement moins élevés si l'on tient compte de la propagation à longue distance et de l'efficacité des protocoles d'accès multiple.

On comprend alors que la collecte en milieu rural peine à proposer des niveaux de débits suffisants pour agréger et transporter les flux sans trop contraindre les utilisateurs.

Si le WiFi est surtout répandu pour réaliser la desserte, de nombreuses solutions de collecte, y compris en WiFi, commencent à se développer. Le tableau 11 présente les principaux enseignements tirés des différentes architectures en zone rurale.

³¹ Le backhaul correspond aux liaisons permettant de relier des sites distants à la "dorsale" d'un réseau..

II.4.4.2. Conclusions sur l'utilisation du WiFi en zone rurale

Les expériences WiFi menées en zones rurales visent le déploiement du haut débit dans les zones blanches : les opérateurs déploient une couverture WiFi pour assurer la desserte (dans la bande des 2,4 GHz), une architecture de collecte, parfois en WiFi dans la bande des 5 GHz, et une plateforme de gestion des abonnés.

Tableau 11 - Synthèse sur les expérimentations WiFi en rural

Technologie de backhaul	Retour d'expérience	Eléments de coûts
Satellite	<ul style="list-style-type: none"> - stabilité problématique des liaisons (intempéries) - débits upload faibles, délais de transmission - offres globales Pack Surf Satellite non adaptée aux appels d'offres des collectivités - regroupement des demandes difficiles pour bénéficier d'un effet volume 	<ul style="list-style-type: none"> - Equipement terminal bidirectionnel): 2 à 3 k€ - Abonnement : 1 Mb/s/256 kb/s pour 70 € environ
WiFi	<p>Choix de la bande de fréquence :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interférences dans la bande des 2,4 GHz - Choix récent d'utiliser la bande des 5 GHz (coût des équipements) - Débit limité pour la collecte longue distance <p>Performance des rebonds :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Latence due au franchissement des équipements - Diminution des débits à chaque rebond 	<ul style="list-style-type: none"> - Un relais WiFi coûte 1k€ - L'installation d'un relais coûte 2 à 3 k€ en fonction des sites
DSL	<ul style="list-style-type: none"> - état de fonctionnement relativement bon ; - utilisation de logiciels non standardisés (développements en propre en environnement de logiciel libre) ; - support d'une offre au positionnement alternatif ne se substituant pas aux carences DSL (débits limités, usages de relève de messagerie) 	<ul style="list-style-type: none"> - Accès classiquement de l'ordre de 30 € par mois.
Liaisons Louées	<ul style="list-style-type: none"> - les expérimentations dans les communes ont amené FT à réviser son offre à la baisse : <ul style="list-style-type: none"> o cibler des communes plus petites o adapté pour des couvertures en centre-bourg (cas pas toujours pertinent) - niveaux de débits proposés non satisfaisants (limitation de la bande passante allouée par utilisateur) - même problème pour un projet en Dordogne desserte CPL + collecte LL - Offre privilégié par France Telecom par rapport au satellite (maîtrise totale de son réseau) 	<p>Tarifs FT pour une liaison transfix 2.0 de 2Mbps :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Frais de mise en service : 2200€ - Coût fonction de la distance : <ul style="list-style-type: none"> o moins de 10 km : 665,74+55d par mois o entre 10 et 50 km : 1026,55+18,92d par mois <p>Pour 10 km, 2Mb/s et pour un an : 16800 €</p>
WiMax	<ul style="list-style-type: none"> - Haut débit dans la bande des 3,5GHz (18Mbits par secteur contre 10Mbits dans la bande 3,5GHz). - solution adaptée pour des liens inférieurs à dix kilomètres en ligne de vue. - bonne stabilité des liens (équipements point-multipoint) même par temps de forte pluie ou de neige. 	<ul style="list-style-type: none"> - 16 BTS ont été déployées par Altitude dans le Calvados pour 8 M€ - 24 BTS ont été déployées par Altitude dans l'Orne pour 9,4 M€ - On peut estimer qu'une station de base WiMax (tout compris) coûte entre 0,4 et 0,5 M€.
Fibre optique	<ul style="list-style-type: none"> - Les niveaux de débits permettront d'exploiter pleinement les possibilités du WiFi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût de génie civil : 40 €/m en milieu rural - Coût du fourreau : 4 €/m - Solution aérienne : objectif de 15 €/m à terme

Degré de connaissance de la technologie : *Vert : retours d'expérience suffisants, Orange : quelques exemples de déploiements ; Rouge : retour d'expérience inexistant.*

L'analyse des projets existants amène les remarques suivantes :

1. Les débits disponibles par abonné, sur la base d'un dimensionnement de moins de 50 utilisateurs par PA, restent inférieurs à ceux d'une offre DSL ou fibre optique. Une amélioration de ces débits nécessiterait une multiplication des cellules WiFi de desserte et imposerait une architecture de collecte au niveau des villages.
2. Les portées des équipements sont restreintes. L'utilisation du WiFi s'effectue sans option de mobilité à partir d'installations fixes et d'antennes de réception à fort gain.
3. Le WiFi ne semble pas être une solution de collecte efficace, particulièrement avec des architectures hiérarchiques traditionnelles (mais nous verrons que la capacité et la disponibilité d'un réseau de collecte WiFi peut être cependant améliorées avec les technologies de maillage);
4. Comme toute solution radio terrestre, l'efficacité de la technologie peut être limitée dans des configurations géographiques difficiles (reliefs montagneux...);
5. Pour que le WiFi soit une solution technique intéressante à long terme (débits, performances) en zones rurales, il faudrait des développements permettant une meilleure utilisation en mode collecte, par exemple en utilisant les technologies maillées ainsi que des évolutions de la norme vers de plus hauts débits.

II.5. Les nouveaux services convergents WiFi

Compte tenu du développement exceptionnel des accès DSL au sein de la population résidentielle en France, avec un taux de pénétration de plus de 40% des ménages fin 2006, la généralisation d'équipements de type « Box » s'est traduite par l'introduction massive de la technologie WiFi dans la sphère domestique pour des usages de plus en plus de type privé.

II.5.1. L'essor des réseaux domestiques multiservices

Le WiFi est une norme clé pour la réalisation de RLAN en environnement d'entreprise et, de plus en plus, dans la sphère domestique. En effet, la norme a de réelles capacités pour supporter **une variété de services convergents s'appuyant sur IP** :

- le WiFi permet le déploiement de « réseaux domestiques multiservices » offrant une variété de services de communications dans toutes les pièces d'un logement, permettant ainsi d'inaugurer « l'ère du tout connecté » (y compris pour des applications de type robotique, machine to machine).
- dans ces conditions, le WiFi devient un standard de fait pour le « câblage » sans fil des habitations et symbolise la généralisation des usages nomades personnels dans l'espace domestique.

II.5.2. Contexte : la pénétration du haut débit auprès des ménages français génère de plus en plus de trafic « domestique »

II.5.2.1. Le parc DSL français : une base dense qui pourrait permettre de réaliser une couverture radio en zone urbaine

Une de clés du développement du marché de ces services convergents pourrait être la diffusion des "box", laquelle accompagne elle-même le développement du DSL auprès des ménages. Fin 2006, on comptait ainsi 5,8 millions de box en France dans le marché résidentiel

(voir figure 12), soit environ 60% des accès DSL grand public pour une pénétration de 25% des ménages.

Ce déploiement massif ouvre de nouvelles perspectives :

- la grande disponibilité des services DSL permet aux opérateurs de disposer de **backhails potentiels à tarifs avantageux** ;
- l'appui sur une clientèle résidentielle autour de projets commerciaux ou communautaires permet en plus de limiter les investissements nécessaires puisque la prise en charge de ces backhails peut être effectuée par les abonnés résidentiels au titre de leur accès haut débit individuel. En ce sens, les investissements des opérateurs se voient limités aux plateformes centralisées, déléguant la gestion des équipements utilisateurs aux abonnés eux-mêmes.

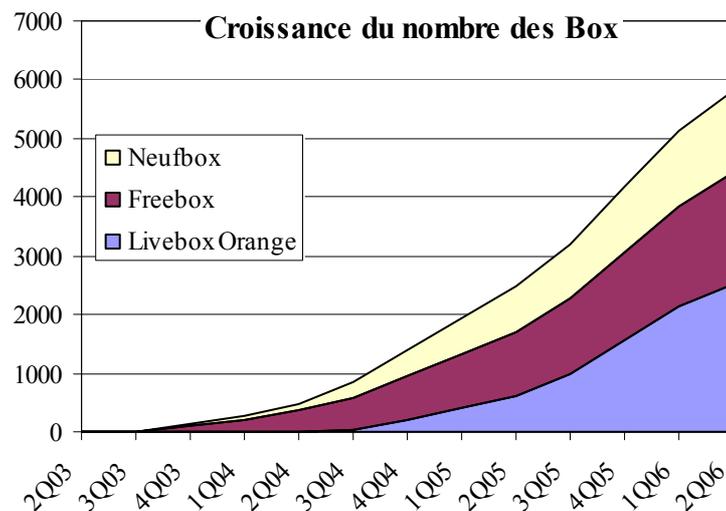


Figure 12 - Croissance du nombre de box DSL en France

II.5.2.2. *Quelques agglomérations pourraient être couvertes au moyen de box résidentielles ouvertes aux tiers*

Dans la mesure où la France dispose d'une base de box résidentielles suffisamment dense dans certaines localités pour réaliser une couverture WiFi quasi-continue et sans coût de déploiement pour les opérateurs présents (Free, Neuf Cegetel en association avec l'opérateur « communautaire » FON), SagaTel a élaboré deux modèles permettant d'évaluer le nombre d'agglomérations susceptibles d'être couvertes de manière très dense :

- un modèle avec une portée de 20 m par box,
- un second modèle avec une portée de 50 m par box correspondant à une meilleure continuité de couverture.

Le premier modèle, avec des portées du signal WiFi de l'ordre de 20 m, indique que seules quelques grandes villes par département, ou des conurbations comme Nice-Sophia-Cannes et Lille-Roubaix-Tourcoing, pourraient être couvertes.

Le second modèle, avec des portées de l'ordre de 50 mètres, recense près de 500 villes, de niveau sous-préfecture, où un réseau quasi-continu pourrait être établi. Mais les communes de moins de 20 000 habitants n'atteignent généralement pas un niveau de densité de boîtes suffisant.

II.5.3. Les nouveaux usages du WiFi dans la sphère domestique et privée.

Trois acteurs « tirent » la diffusion de nouveaux usages du WiFi :

- **Orange et sa Livebox pro**, dont les fonctionnalités à double identifiant (ou double SSID³²) ont permis d'étendre le nombre de Hot Spots accessibles ;
- **Free**, qui a popularisé les multi-usages domestiques en WiFi ;
- **Neuf Cegetel**, arrivé plus récemment sur ce marché, propose également des box comparables à celles de Free,

Par rapport à la seule fourniture d'accès à Internet, les opérateurs du marché haut débit cherchent à monter en valeur ajoutée dans leurs offres en combinant les potentiels de leurs infrastructures de raccordement haut débit (DSL ou fibre optique à terme) à ceux du WiFi dans la sphère domestique. Dans une première étape, ceci concerne la fourniture chez les abonnés d'accès Internet, de messagerie, de services voix (VoIP) voire de télévision (TVoIP).

L'idée à moyen terme de ces opérateurs est de s'appuyer sur un réseau WiFi de couverture plus ou moins continue afin d'offrir des services qui pourraient à terme s'apparenter à des services mobiles, comme par exemple :

- l'accès nomade à son environnement Internet de n'importe quel point du réseau ;
- l'accès nomade à un compte de téléphonie (exemple : Voice over WiFi de Free) ;
- l'accès à un service de voix mobile, avec « handover »³³ en cours de communication ;
- l'accès nomade à un service de diffusion télévisée.

Ces services sont accessibles via un routeur multiservices ou une box.

Cette démarche a été engagée en 2006. Les observateurs manquent encore de recul par rapport à ce **marché**, pour l'instant **théorique**.

Par ailleurs, le parc de box est **hétérogène**, avec différentes versions logicielles (par exemple : releases Free) et il est difficile d'évaluer le nombre de box proposant le service WiFi (pas de statistiques opérateurs publiées).

Cependant, on peut d'ores et déjà identifier des critères structurants pour le développement de ce marché :

- **la généralisation du mode de fonctionnement à double SSID** : pour l'instant, les déploiements actuels sont réalisés sur la base du volontariat ou d'une acceptation d'un changement des conditions contractuelles du fournisseur ;
- **la mise à niveau fonctionnelle de la base de boxes installées** : idéalement, toutes les box devraient supporter les mêmes fonctionnalités, de sorte que les nouveaux logiciels doivent pouvoir être diffusés à tout le parc installé ;
- **les relations entre FAI et gestionnaires de réseau continu** (comme FON) : les FAI, qui ont une certaine maîtrise sur le réseau pourraient refuser de transporter « gratuitement » du trafic tiers - celui des gestionnaires de réseau « continu » - en l'absence de partenariat formalisé (comme par exemple celui entre FON et Neuf Cegetel).

³² SSID : Service Set Identifier (Identifiant réseau).

³³ Changement de cellule sans rompre la communication.

Partie III. Nouvelles perspectives du WiFi

III.1. Evolutions fonctionnelles de la norme

III.1.1. Les nouvelles déclinaisons de la norme

Depuis la première version de la norme, une série de travaux a été menée sous la pression des industriels pour enrichir le potentiel d'utilisation du WiFi, avec notamment :

- enrichissement des fonctionnalités de sécurisation des communications sur WiFi (802.11i) ;
- augmentation de la capacité et des débits supportés (passage de 1 à 50 Mbit/s, voire à plus de 100 Mbit/s) par modification des caractéristiques radio de la norme et des protocoles ;
- amélioration des performances radio par utilisation d'antennes plus sophistiquées : par exemple rayonnement sectorisé au lieu d'omnidirectionnel, antennes actives, technologies MIMO³⁴ (802.11n).
- amélioration de la gestion de la Qualité de Service pour le support de nouvelles applications de type mobilité et voix (802.11e) ;
- diminution sur les contraintes d'infrastructures de raccordement : transport du trafic collecté par maillage radio (802.11s) ;

Le tableau 13 résume les évolutions les plus importantes.

Tableau 13 - Principales déclinaisons de la norme 802.11

Norme	Année	Descriptif
802.11e	2005	Evolution de type « WiFi Multi Media » (WMM) pour améliorer la qualité de service des applications temps réel (téléphonie, vidéo)
802.11f	2003	Gestion de la mobilité dans un réseau WiFi, recommandation pour l' interopérabilité entre points d'accès multivendeur. N'est plus gérée comme une norme depuis février 2006.
802.11h	2004	Gestion du spectre et de l'énergie en Europe
802.11i	2004	Améliorations de la sécurité : en particulier « WiFi Protected Access 2 » (WPA2) et « Extensible Authentication Protocol » (EAP)
802.11n	2007 ?	Evolution vers de très hauts débits avec des technologies d'antennes de type « Multiple Input Multiple Output » (MIMO)
802.11r	2007 ?	Amélioration des temps d'attente en cas de transit entre points d'accès
802.11s	2008 ?	Standardisation des réseaux WiFi maillés

III.1.1.1. Une sécurité en cours d'amélioration

La fragilité intrinsèque du protocole initial WEP de sécurité du WiFi³⁵ est progressivement corrigée avec les évolutions de la norme (802.11i et WPA2) et elle est également compensée

³⁴ Multiple Input Multiple Output

avec des solutions au niveau applicatif (VPN). Mais les réseaux WiFi ne disposent pas encore de mécanismes génériques d'authentification et de contrôle des accès à l'instar des cartes SIM du GSM.

De nouvelles obligations pèsent par ailleurs depuis 2006 sur l'ouverture des réseaux IP aux abonnés nomades WiFi en imposant des procédures strictes en terme d'enregistrements des données de connexion (loi anti-terroriste). Les moyens techniques existent, mais ils induisent des coûts opérationnels dont les opérateurs n'ont pas toujours conscience. Pour l'instant, et dans l'attente de décret, l'enregistrement des données de connexion s'effectue à l'aide d'un serveur dédié ou en louant des serveurs sur des plates-formes. Ainsi, en pratique, sont conservées pour une durée de 1 an : la durée de connexion, le lieu de connexion, l'adresse IP de l'utilisateur et son adresse MAC.

III.1.1.2. Des limitations de portée compensées par la qualité des antennes et/ou l'ouverture de nouvelles bandes

Avec les limites réglementaires de PIRE, des portées de quelques centaines de mètres sont possibles en 2,4 GHz sans trop dégrader les débits. Pour un service fixe, des portées théoriques de quelques kilomètres peuvent être atteintes grâce à des antennes directives en réception et des récepteurs de forte sensibilité. Cependant, ce type de dispositif risque de se traduire en pratique par une dégradation importante des débits atteints et de la qualité.

L'utilisation de la bande des 5 GHz permet de disposer de niveaux de puissance supérieurs et d'accroître quelque peu la portée.

Des gains supplémentaires en débit et en portée seront encore possible avec l'introduction de la version 802.11n exploitant les possibilités des antennes multiples MIMO.

III.1.2. Des réseaux privés aux infrastructures de réseau public

D'une manière générale, de nombreux enrichissements fonctionnels ont pour but de faire évoluer le WiFi du statut de standard de réseau local radio d'entreprise à celui d'une technologie pour les réseaux d'opérateurs publics multiservices.

Les questions fondamentales portent sur la performance des réseaux WiFi publics à fort trafic, en termes de qualité de service et de capacité. Ainsi, en partant de la définition originelle du standard :

- l'utilisation de bandes libres par opposition à des bandes planifiées ne permet pas aux opérateurs de contrôler finement les situations d'interférences;
- il est difficile de gérer efficacement différents niveaux de qualité de service sur la base de protocoles d'accès qui ont été initialement choisis pour leur simplicité au détriment de fonctions de contrôle de QoS, pourtant indispensables par exemple pour transporter la phonie;
- la complexité induite par des communications en situation de déplacement rapide peut se traduire par des changements fréquents de points d'accès et consommer ainsi des ressources radio et des ressources de traitement importantes, avec un impact aussi bien sur la capacité des réseaux que sur l'autonomie des terminaux;

³⁵ Ainsi on trouve sur le Web des programmes qui permettent à n'importe quel PC de pénétrer, rapidement, dans tous les réseaux détectés alentour et chiffrés en WEP.

III.1.2.1. Une dynamique d'innovation soutenue par les industriels

Les évolutions de la norme 802.11, résumées plus haut, se sont naturellement intéressées aux problématiques de qualité de service, tout en cherchant à améliorer les débits offerts. Ces nouvelles versions de la norme sont adoptées progressivement par les équipementiers.

Au delà du standard proprement dit, l'offre des équipementiers s'est aussi enrichie de fonctionnalités propriétaires permettant de mieux gérer les réseaux de dimension importante: gestion optimisée de la qualité de service avec des priorités différentes selon les applications transportées, « auto-discovery »³⁶ pour rechercher les voisinages disponibles ou encore « self optimising »³⁷ pour rechercher le meilleur paramétrage.

III.1.2.2. La mobilité entre points d'accès : une évolution acquise en entreprise mais qui débute sur les réseaux publics

Dans les entreprises, la norme 802.11f et un certain nombre de développements propriétaires permettent déjà d'offrir l'itinérance (« roaming » en anglais) entre des points d'accès de constructeurs différents, grâce à des protocoles d'échange des informations entre points d'accès (PA).

Ainsi des « Wireless LAN Controller (WLC) » gèrent un ensemble de PA en assurant en temps réel des transitions entre les différentes zones de couverture, ce qui permet de proposer des services tout IP, y compris de téléphonie mobile en remplacement du DECT.

Les industriels préparent l'application de solutions de mobilité comparables dans le cadre des réseaux urbains avec couverture extérieure, et ouverts à un grand nombre de terminaux. Mais cette évolution pose des difficultés techniques complexes : les réseaux cellulaires ont été conçus tout spécialement pour gérer cette vraie mobilité, avec en particulier une transition « sans couture » d'une station de base à une autre (la fonction de « handover »), alors que la conception initiale du WiFi n'était concernée que par les déplacements de type « nomade », sans changement de Point d'Accès en cours de communication.

III.1.2.3. Amélioration de l'offre de terminaux

D'une manière générale, les terminaux WiFi étaient originellement peu performants dans des situations de type « always-on ». Ainsi, pour une utilisation de type mobile, les terminaux WiFi souffrent de la comparaison avec leurs « homologues » cellulaires :

- **Autonomie** : alors que les standards cellulaires comme le GSM ont été conçus dès l'origine pour optimiser la consommation en énergie des terminaux, le WiFi n'inclut pas de mécanismes très performants d'économie des batteries³⁸.
- **Coût** : principalement en raison des économies d'échelle aujourd'hui très en faveur des terminaux cellulaires, les terminaux WiFi sont plus chers et moins variés.

Cette faiblesse est actuellement corrigée à deux niveaux :

- par des améliorations des protocoles, avec le WiFi Multi Media (WMM) Power Save basée sur la norme 802.11e qui permet de réduire de 15 à 40% la consommation ;

³⁶ Découverte automatique des routes, appliquée aux réseaux maillés

³⁷ Optimisation automatique.

³⁸ Les terminaux WiFi ont une autonomie 4 fois moindre en mode veille mais équivalente aux terminaux GSM en mode communication.

- par des innovations industrielles récentes notamment sur les processeurs WiFi (Intel, Broadcom) qui ont divisé les consommations d'un facteur sept environ.³⁹

III.1.3. Les réseaux maillés : de nouvelles opportunités pour le WiFi

Le concept de réseau WiFi maillé, en anglais « Mesh WiFi », est une évolution naturelle des réseaux WiFi, tirant partie de la souplesse introduite par la transmission radio et la structure des communications sur une base de paquets IP. Le principe retenu est d'établir un maillage des liaisons entre Points d'Accès (PA), qui fonctionnent dans le mode "ad-hoc"⁴⁰ défini dans le standard 802.11. Ce principe est illustré avec la figure 14.

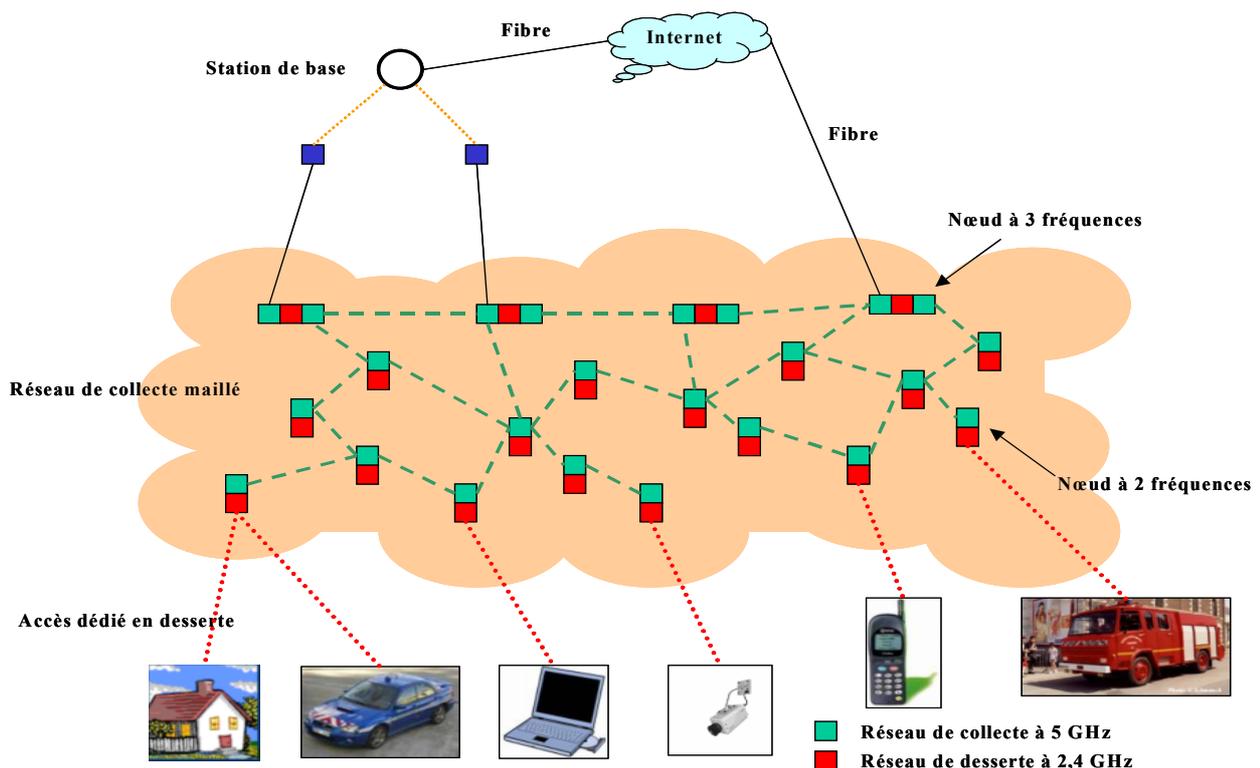


Figure 14 - Réseau WiFi maillé

³⁹En octobre 2006, Broadcom a annoncé la mise sur le marché de sa dernière génération de puce WiFi qui consomment 270mW alors que traditionnellement les puces du marché consomment au maximum entre 700mW et 1300mW. Intel a par ailleurs annoncé que ses nouvelles puces WiFi allaient en veille 100 mW.

⁴⁰ Le mode « Infrastructure », qui est le plus courant, utilise des Point d'Accès (PA) auxquels viennent se connecter les stations terminales WiFi. Par contre dans le mode « Ad-hoc », ou Peer-to-Peer, chaque nœud WiFi peut dialoguer avec ses voisins et relayer ainsi des données.

Dans les architectures proposées aujourd'hui, **ce sont les PA qui sont maillés entre eux, tandis que les équipements terminaux ont toujours, à un instant donné, une relation unique avec le PA dont ils dépendent.**

L'introduction d'un mode totalement ad hoc, à l'image des réseaux militaires, est conceptuellement possible mais elle impliquerait une complexification des terminaux (capacité de routage, capacité de stockage, puissances d'émission, autonomie, protocoles indépendants des couches basses) qui n'est pas envisagée aujourd'hui. Cela reste cependant un axe de développement futur envisageable.

On peut noter sur la figure 14 un autre point fondamental des réseaux maillés : le réseau peut être connecté en un nombre restreint de points à l'Internet par des liaisons haut débit (fibre optique, FH, WiMax, Satellite, etc). Le réseau découvre ainsi automatiquement la meilleure route possible pour acheminer les flux vers une des sorties (souplesse de l'architecture).

Le déploiement opérationnel des réseaux WiFi maillé peut donc s'articuler en deux phases :

- en déployant le réseau d'abord pour la **couverture** avec un nombre suffisant de PA, mais seulement quelques raccordements haut débit ;
- en accroissant ensuite la **capacité** de trafic par ajout progressif de nouveaux raccordements.

III.1.3.2. Une architecture qui se dégage : 2,4 GHz en desserte, 5 GHz en collecte

Les solutions initialement proposées réalisaient le réseau de collecte maillé dans la bande WiFi à 2,4 GHz, ce qui pénalisait les débits (partage du spectre).

La figure 14 illustre une meilleure utilisation des ressources radio où les points d'accès à la périphérie ont des liaisons dans la bande des 2,4 GHz avec les équipements WiFi terminaux, mais ils communiquent entre eux au sein du réseau maillé dans une autre bande – le WiFi à 5 GHz par exemple – voire avec un autre système radio (WiMax, etc.).

III.1.3.3. Le consensus autour d'une norme reste à trouver : deux approches pour la gestion du maillage

Il existe deux grandes familles de solutions pour le WiFi maillé :

- celles qui sont implémentées au **niveau 2**⁴¹ : cette approche est privilégiée par l'IEEE pour le futur standard 802.11s et par des sociétés américaines comme Tropos et Strix ;
- celles qui utilisent des algorithmes de routage au **niveau 3** (par exemple « Optimized Link State Routing » (OLSR)⁴², un protocole développé en France). Ce type d'architecture de haut niveau se retrouve également dans un certain nombre d'applications militaire maillées (US Navy, etc.).

III.1.3.4. Solutions propriétaires ou solutions standardisées

Comme pour toute innovation dans les télécommunications, il est probable qu'un marché de masse ne soit atteint par le WiFi maillé que lorsque des solutions normalisées auront vu le jour.

C'est dans cet esprit que le groupe IEEE travaille sur l'évolution 802.11s qui vise à standardiser une technique de maillage. On constate cependant que:

⁴¹ Du modèle OSI. Dans ce modèle, le niveau 2 est la couche « liaisons de données », le niveau 3 est la couche « réseau ».

⁴² RFC 3626 (IETF).

- les technologies de maillage sont encore en pleine évolution, et qu'il n'est donc pas facile de converger aujourd'hui vers une méthode préférentielle ;
- d'un point de vue stratégique, les sociétés leaders de ce marché⁴³ ont tendance à vouloir garder un avantage concurrentiel en ne partageant pas leurs expériences sur les premiers déploiements. Nombre de solutions technologiques demeurent donc propriétaires, même si elles sont basées sur une norme-socle de fonctionnalités minimales :

Il est donc probable qu'il subsistera une certaine dispersion des solutions pendant les prochaines années, jusqu'à ce que de grands opérateurs - ou de grands intégrateurs - imposent des choix standardisés pour obtenir des économies d'échelle.

III.2. Le WiFi au centre de la convergence des réseaux IP

III.2.1. Le WiFi est-il une alternative au GSM pour la téléphonie mobile ?

III.2.1.1. Contraintes de la qualité de service vocale

La problématique de la téléphonie mobile en VoIP sur WiFi ajoute un niveau supplémentaire de difficulté : la qualité des communications est fortement sensible à la fois aux variations de délais et aux pertes éventuelles d'information lors des transitions. En effet, contrairement aux échanges de données, il n'est plus ici possible d'implémenter des protocoles de correction de niveau supérieur.

Ceci impose des contraintes en termes de :

- **délai de latence du réseau**, critère qui influe beaucoup sur la qualité acoustique d'une conversation ; pour être compatible avec des applications VoIP, on estime que le temps de latence doit être au maximum entre 400 et 800 millisecondes ;
- **gigue** (jitter) qui peut pénaliser la voix sur IP s'il y a des fluctuations trop fortes de délai.

Le contrôle en temps réel des communications de phonie est donc contraignant, mais il existe déjà quelques implémentations réussies de VoIP sur WiFi, **en général sur des structures maillées** qui permettent d'assurer une bonne continuité de couverture. Les campagnes de mesure sur les réseaux WiFi municipaux aux Etats-Unis ont ainsi relevé des temps de latence acceptable de 200 à 300 ms.

III.2.1.2. Potentiel des réseaux maillés comme alternative aux réseaux cellulaires

A. Avantages du WiFi maillé

Les réseaux WiFi maillés ont déjà démontré leur avantage pour offrir une couverture sur des territoires urbains étendus, en termes de :

- **flexibilité** : les opérateurs de ces réseaux peuvent échelonner leur déploiement en l'adaptant à la charge et aux usages. En effet, l'architecture du réseau permet l'ajout de sortie réseau comme des changements de topologie ; de même, en cas de rupture de liens, ces réseaux offrent des possibilités de reconfiguration automatique ;

⁴³ Sociétés américaines comme Tropas, Belair, Strix

- **coût de déploiement** : l'industrie a massivement soutenu la technologie WiFi qui, en se généralisant, a réduit les coûts. La simplicité et la robustesse de la technologie permettent aussi de limiter les frais d'installation.

B. Quelques limitations surmontables

Comme on le verra dans la Partie IV, les projets de réseaux maillés déployés aux Etats-Unis révèlent cependant certaines difficultés, qui ne devraient pas être insurmontables :

- **quelques cas de brouillage** : l'utilisation libre du spectre se traduit parfois par des situations de brouillage d'autant plus que, comme indiqué précédemment, la réglementation américaine autorise des puissances rayonnées assez élevées dans cette bande ISM ;
- compromis à trouver **entre puissance / portée / brouillage** : la limitation européenne de la PIRE à 100 mW (à 2,4 GHz) réduit la couverture des réseaux WiFi, à moins de multiplier le nombre de points d'accès, ce qui est justement facilité par le maillage des réseaux.
- **divergence DFS/routage** : pour éviter les situations d'interférences, les industriels doivent implémenter le mécanisme DFS à 5 GHz ; or le principe de la technologie Mesh (se porter sur la fréquence d'un nœud voisin pour établir une liaison) et celui du DFS (n'utiliser que des fréquences libres de brouillage) peuvent s'avérer divergents ;
- la nécessité de **compléter la couverture en indoor** par des répéteurs ;
- **la sécurité**: les risques d'intrusion restent importants ; ainsi le contrôle des accès au réseau, par des points d'accès « fantôme », peut être difficile dans le contexte des réseaux maillés, par nature moins prévisibles et régulièrement en train de se reconfigurer. Cependant, l'accès WiFi via des bandes dédiées (par exemple la bande à 4,9 GHz comme c'est le cas aux Etats-Unis) et réservées aux services de protection civile, peut apporter un niveau de protection supplémentaire, car ces bandes de fréquence impliquent des terminaux spécifiques non disponibles dans le grand public.

III.2.1.3. Le WiFi face aux technologies cellulaires 3G aux Etats-Unis

Certains déploiements aux Etats-Unis proposent déjà une couverture urbaine continue en WiFi pour des accès data. Ces réseaux supportent notamment des usages en situation de mobilité et permettent donc des handovers rapides entre les cellules⁴⁴. A l'heure actuelle, la qualité de service obtenue semble comparable à la celle offerte par des réseaux cellulaires pour les transmissions de données⁴⁵, mais dans un contexte très différent : ces réseaux WiFi sont encore en phase de montée en charge et ne supportent pas encore de gros trafic.

Certains réseaux municipaux WiFi supportent aussi des usages d'accès data en mobilité dans le cadre de l'exercice des différentes agences de sécurité publique (accès à des bases de données centralisées pour la police, les équipes de sauvetage/pompiers, les ambulances, etc.), ce qui témoigne d'une certaine confiance en la technologie.

Des tests ont par ailleurs été réalisés par les différents constructeurs sur les réseaux déployés en situation de grande mobilité: ambulance roulant à 100 km/heure (sur le réseau de Corpus Christi, au Texas) et d'autres expériences à 80 km/heure (police de San Mateo, Californie).

⁴⁴ Ces handover interviennent plus fréquemment qu'avec les autres technologies du fait de la portée restreinte des cellules WiFi (environ 1 km aux Etats-Unis).

⁴⁵ Campagne de mesure Novarum.

Cependant ces expériences, encore peu nombreuses à ce jour, révèlent quelques limites :

- le maintien de la **qualité de service** en cas de fort trafic et la **capacité maximale** des réseaux sont incertains ; les usages relevés ont été effectués sur des réseaux municipaux sur lesquels les services mobiles n'étaient pas généralisés au grand public ;
- ces réseaux peuvent avoir une bonne couverture WiFi en extérieur mais souffrir d'une **pénétration difficile** depuis l'extérieur **vers l'intérieur des bâtiments** (particulièrement avec les limites de PIRE applicables en Europe), ce qui en fait un service limité à l'outdoor ;

Si, à moyen terme, cette technologie nécessite encore un certain nombre d'expérimentations pour faire ses preuves à l'échelle de réseaux publics, la taille du marché et le dynamisme des équipementiers pourraient cependant favoriser les solutions mobiles haut débit de type WiFi - et plus tard WiMAX mobile - aux Etats-Unis.

III.2.2. La complémentarité entre WiFi et cellulaire

III.2.2.1. Le WiFi parmi les technologies radio qui convergent toutes vers l'IP

Pour l'utilisateur, la technologie d'accès n'est pas un critère de choix. Il désire simplement disposer de la meilleure QoS, du meilleur débit, au meilleur prix, en fonction de l'endroit où il se trouve. L'avenir est certainement aux systèmes qui l'aideront de manière transparente à bénéficier du meilleur service.

Le WiFi trouve une place privilégiée, dans le panel d'offres des opérateurs – systèmes cellulaires 2G, 2.5G (GPRS-EDGE), 3G (UMTS), 3G+ (HSDPA, HSUPA), WiMax, etc. – en particulier grâce aux débits élevés proposés à courte distance, mais il ne peut pas proposer une couverture continue sur un territoire national par exemple.

Une complémentarité des technologies se met finalement en place d'autant qu'elles convergent toutes vers un cœur de réseau IP.

III.2.2.2. Scénarios de convergence GSM / WiFi

Une option intéressante pour les réseaux publics consiste à utiliser les nouveaux terminaux WiFi + GSM, en s'appuyant sur les réseaux cellulaires pour gérer la mobilité, et en basculant en mode WiFi lorsque l'utilisateur est quasi-stationnaire à proximité des Points d'Accès. C'est un mode de fonctionnement qui est privilégié en Europe, tirant avantage du déploiement très important du GSM dans cette région du monde.

Ce type de solution devrait se généraliser à partir des premières applications qui sont aujourd'hui principalement définies autour des Points d'Accès résidentiels (les « boxes »). Il évoluera probablement vers un usage de plus en plus continu, avec des terminaux multi-modes capables de rechercher en tous lieux la meilleure solution parmi un ensemble croissant de solutions d'accès radio (2G, 3G, WiFi, WiMax, ...).

A. Le WiFi dans les nouvelles offres de service des opérateurs

On a vu apparaître en 2006 sur le marché français des offres innovantes sur la base d'un usage combiné du GSM et du WiFi, qui sont résumées dans le tableau ci dessous :

Tableau 15 - Offres GSM + WiFi

Opérateurs	Offre	Technologie	Tarifs	Services
Orange	Unik	UMA	Terminal=99 € Forfait=10 € (téléphonie illimitée fixe) Forfait=22 € (téléphonie illimitée fixe+mobile orange)	VoIP via la live box Mobilité WiFi->GSM
Neuf Cegetel	Twin	SIP	Terminal hors abonnement : 199 €	Connexion 11 Mbit/s à Internet VoIP via les 9box, les HS FON, les 127 HS Adael, les gares SNCF, les HS Ozone et Meteor Networks Nomadisme
Free	Téléphonie WiFi	SIP	Terminal WiFi=59 € Terminal hybride= 199 €	VoIP via les Freebox HD MIMO Téléphonie illimitée vers 28 destinations Mise à jour du téléphone en le reliant à la Freebox par USB Pas d'abonnement GSM proposé Nomadisme

B. Le WiFi, une technologie qui peut faire concurrence aux autres technologies radio et qui accélère la convergence des réseaux

Deux approches différentes sont en concurrence pour la mise en œuvre de tels systèmes convergents GSM + WiFi :

- une approche que l'on peut qualifier de « **convergence vers le mobile** » qui consiste à intégrer les points d'accès WiFi dans une architecture de réseau GSM en utilisant la norme « Unlicensed Mobile Access » (UMA) ;
- une approche alternative, de type « **hybride mobile et Internet** », qui consiste à utiliser des terminaux duaux qui sont GSM et, en parallèle, capables d'établir des communications de VoIP lorsqu'ils sont reliés par WiFi à Internet via le « Session Initiation Protocol » (SIP).

III.3. Points forts, points faibles

En synthèse, le potentiel du WiFi comme technologie de réseaux d'infrastructure peut être évalué au regard de différents critères.

Points forts

1. Richesse fonctionnelle : capacités multi-services de la norme pour différentes applications : web, messagerie, mobilité, voix, voire vidéo.
2. Dynamisme de la standardisation par rapport aux nouveaux besoins.
3. Adaptation à la généralisation des protocoles IP dans les réseaux publics.
4. Dimension industrielle des marchés d'équipements tant d'infrastructures (points d'accès) que de terminaux.
5. Flexibilité en termes d'ingénierie de réseau.
6. Coûts de déploiement du WiFi avantageux en termes de ticket d'entrée (coûts initiaux de couverture) et dans le cadre des adaptations/évolutions du réseau.
7. Parc de terminaux (ordinateurs portables) déjà fortement équipé – usages mûrs avec le développement des fonctionnalités WiFi en entreprise et dans la sphère domestique.
8. Arrivée sur le marché de terminaux mobiles hybrides GSM-WiFi.

Faiblesses

1. Faiblesses structurelles de la norme : gourmandise des protocoles, moins efficace que d'autres technologies radio, QoS assurée par ingénierie/ surdimensionnement.
2. Dynamisme des marchés, mais certaines solutions WiFi d'infrastructure encore propriétaires : les déclinaisons de la norme ne constituent qu'un socle commun minimum et les fonctionnalités avancées (gestion de la QoS et de la sécurité) font l'objet de développements spécifiques propriétaires de la part des constructeurs.
3. Technologie à court cycle de vie avec une grande densité d'équipements pour assurer une bonne couverture, ce qui pourrait poser des problèmes de gestion technique d'équipements (hétérogénéité d'un parc d'infrastructures multi-marques, multi-génération, multi-versions logicielles).

Partie IV. Le potentiel des réseaux maillés

IV.1. Les réseaux WiFi maillés aux Etats-Unis

IV.1.1. Projets municipaux aux Etats-Unis : objectifs et tendances

Cette section s'intéresse aux réseaux WiFi maillés déployés aux Etats-Unis, au niveau d'une ville ou d'un regroupement de villes.

Cette technologie « Mesh WiFi » concerne essentiellement la collecte des flux sur ces territoires et constitue une fonctionnalité supplémentaire pour un réseau WiFi, quelles que soient les bandes de fréquences utilisées (2,4 ou 5.4 GHz).

IV.1.1.1. Objectifs poursuivis par les municipalités

Les réseaux WiFi maillés se sont déployés dans les villes pour répondre à un ou plusieurs des objectifs suivants :

- **l'utilisation par des agences territoriales (« government agencies ») pour leurs besoins propres** : par exemple, relevé de compteurs ou services d'urgence dans le but d'améliorer le service rendu aux citoyens, de réduire des postes de dépenses (factures de téléphone ou d'accès Internet, réduction des déplacements de personnels) ;
- **la réduction de la « fracture numérique »**⁴⁶ en proposant des accès haut débit pour pallier le manque de dynamisme des offres haut débit (vétusté des câbles, conditions contractuelles contraignantes, éligibilité limitée à 40% des agglomérations) des câblo-opérateurs et des opérateurs DSL (dégrouper non encouragé par le régulateur) et les tarifs assez élevés (50 € à 80 € par mois actuellement) ;
- **le développement économique** : outre les hausses de fréquentation espérées dans les zones commerciales couvertes, la mise en place d'un réseau haut débit permet de stimuler le marché des applications et des services à forte valeur ajoutée (contenu personnalisé et géoréférencé, publicité...). L'architecture souple des réseaux maillés permet de s'adapter aux villes en forte croissance démographique (Californie, Arizona) en proposant une offre télécom à moindre coût ;
- **la fourniture d'un accès Internet de service public** au moyen de Hot Spots, positionnés en général en centre-ville ou dans les zones commerciales, pour répondre au besoin de nomadisme des usagers.

⁴⁶ En anglais « *Digital Inclusion* ». L'inclusion numérique fait référence non seulement à la couverture des territoires n'ayant pas d'offres haut débit (concurrentielle ou non), mais aussi à la dimension sociale de la « fracture numérique » : il s'agit alors de faciliter l'accès aux ressources et services numériques (travail social de proximité, éducation et e-learning, e-gouvernement, ..) pour différentes populations défavorisées (minorités ethniques : afroaméricaines, indiens, latinos, etc., populations âgées, entrepreneurs/mono-entreprises isolés, etc.)

IV.1.1.2. 2003-2006 : l'explosion des projets de réseaux maillés municipaux

A. Nombre de projets aux Etats-Unis

Deux sources permettent de suivre les tendances :

- le portail spécialisé www.muniwireless.com, qui est un blog de référence sur le sujet ;
- le site www.news.com qui met à disposition une carte des projets haut débit aux Etats-Unis.

Les ordres de grandeurs des 2 sources sont comparables et on retiendra pour les Etats-Unis près de 300 projets de réseaux municipaux dont 150 sont opérationnels ; parmi ces projets, près de 70 concernent maintenant des déploiements de grande ampleur permettant non seulement des usages professionnels pour les besoins propres de municipalités mais aussi des usages grand public. Géographiquement, ces projets sont concentrés majoritairement dans de petites villes (Californie, Sud Ouest et Floride)

Comme le montre la figure suivante, on assiste sur la période à une évolution du nombre de projets en cours qui sont passés de 34 à 135 soit une **multiplication par 4** ; ce qui traduit **une réelle accélération des projets et un engouement des municipalités**.

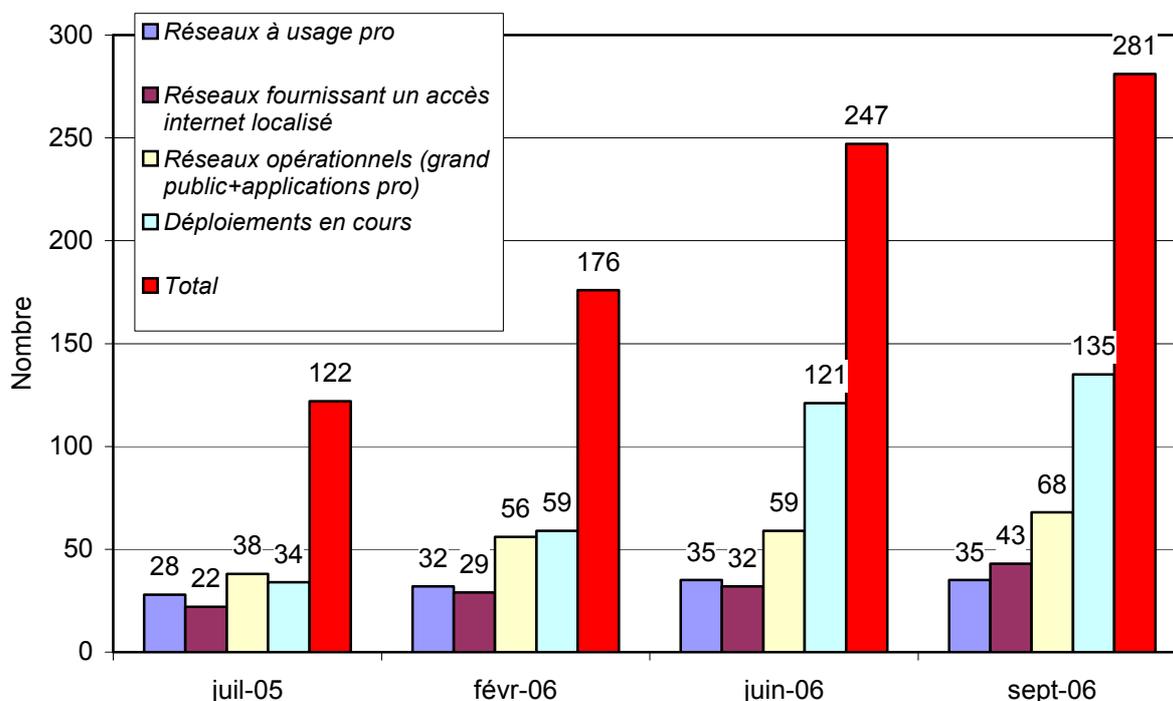


Figure 16 – Evolution du nombre de réseaux municipaux US - Juillet 2005 à sept. 2006

Par différence avec la période 2003-2004, où un grand nombre de projets concernaient les réseaux à usages propres / privés, confirmant le caractère expérimental de la technologie ; la nouvelle tendance vise plutôt le déploiement de **réseaux mutualisés à usages grand public et professionnels**.

B. Des réseaux situés majoritairement dans le sud-ouest américain

La répartition géographique de ces projets montre que :

- tous les Etats sont concernés par des projets de réseaux municipaux et un certain nombre d'entre eux ont déjà déployé des réseaux. ;

- les Etats les plus avancés sont la Californie et la Floride, avec une tendance générale plutôt dans le **Sud-Ouest des Etats-Unis** (Californie, Texas, Utah et Arizona) ;
- le rôle moteur de la Californie sur ce plan reflète en particulier l'activisme des acteurs industriels, nombreux à être basés dans les différents pôles High Tech de l'état (Silicon Valley, ...). Ceux-ci montent notamment des expériences pilotes, quelquefois financées par les industriels (Google, Metrofi, ...) pour des communes choisies comme vitrines technologiques, et destinées à devenir des terrains expérimentaux (explosion du nombre de sociétés développant des couches logicielles pour des services à valeur ajoutée).

IV.1.1.3. Les projets des petites villes sont un peu éclipsés par les grandes annonces médiatiques

En approfondissant ces premières statistiques, on s'aperçoit que :

- la plupart des projets déjà déployés concernent plutôt des petites villes, qui sont pour l'instant « emblématiques » et permettent de tirer des premiers retours d'expérience ;
- un certain nombre de projets sont très médiatiques mais ne sont pas encore entrés en phase de déploiement ;
 - o une première vague d'annonces a concerné le réseau de **Philadelphie** en 2004. Cependant, fin 2006, le projet est encore en phase de négociation. En effet, la municipalité a retenu une approche de « concertation citoyenne », s'appuyant sur la consultation de différents groupes sociaux, ce qui semble ralentir l'avancement global du projet ;
 - o de même, le réseau de **San Francisco** suscite encore une polémique (à propos notamment des controverses sur l'opportunité, pour la municipalité, de lancer un projet dont les infrastructures lui appartiendraient en propre) ;
 - o **Boston** a fait l'objet d'une étude économico-institutionnelle, mais n'a pas encore lancé de projet officiel ;
 - o **Chicago** travaille depuis plusieurs années sur un projet de type « citoyen » (concertation avec les représentants de différentes minorités) mais n'a pas encore réussi à trouver de formule satisfaisante.

La suite de ce rapport se propose d'analyser les réseaux maillés effectivement déployés.

IV.1.1.4. Des réseaux maillés privatifs aux fonctionnalités data limitées, aux réseaux ouverts au public multi-usages data et voix

A. Enrichissements fonctionnels et changements de périmètre au cours des années

Si l'on analyse le déploiement de ces projets sur la période 2003-2006, on remarque une explosion en 2004-2005 et les évolutions suivantes :

- au début, les projets avaient une finalité purement « professionnelle » (applications verticales pour les services municipaux) ou portaient sur la fourniture d'un accès Internet plus ou moins limité (accès aux sites touristiques, développement économique, etc.)
- à partir de 2006, les projets évoluent vers des réseaux multi-usages, autorisés par la réglementation locale (usages publics et municipaux) ;

- au niveau fonctionnel, on constate également une évolution vers la mobilité, et vers le transport de la voix en situation de nomadisme et / ou de mobilité depuis **2006** (impact de nouvelles normes de type 802.11e ou propriétaires).
- Cette progression devrait être encore plus manifeste dans les projets en 2007-2008.

Certaines villes peuvent aussi faire évoluer le périmètre de leur réseau WiFi :

- **la ville de la Nouvelle Orléans** a déployé son premier réseau WiFi Mesh de rapatriement de flux de **vidéosurveillance en 2003** ; la destruction des infrastructures fixes suite au passage de l'ouragan Katrina a conduit la ville à généraliser le déploiement d'infrastructures radio plus rapides à rétablir, et à opter pour un usage de **réseau public en 2005-2006** ;
- **la ville de Cerritos** a déployé un réseau municipal début 2004 et a ensuite prolongé le service sur les communes avoisinantes pour des applications dans les services de bus (suivi suivi de flottes et vidéosurveillance).

Pour résumer cette évolution, le tableau ci-dessous présente les différentes tendances en termes d'enrichissement fonctionnel des réseaux WiFi Mesh.

Tableau 17 - Evolutions des fonctionnalités sur les réseaux Mesh

Objectifs	Couverture	Fonctionnalités
Services municipaux	Ponctuelle	Rapatriement de données (télémétrie, vidéosurveillance)
	Globale avec applications professionnelles	Gestion de classes de services Contenu basé sur la localisation
Services ouverts au public : « Inclusion numérique »	Ponctuelle	Accès internet (gratuit ou non) QoS au niveau du Hot Spot VoIP
	Plusieurs Hot Spots	Nomadisme entre Hot Spots Transition WiFi / GSM
	Globale	Gestion des interférences Configuration dynamique du réseau Mobilité (VoIP, data)

B. Un secteur initialement occupé par des start-up, en phase de consolidation

Le secteur du WiFi Mesh est en plein essor comme le confirme les alliances se constituant entre grands constructeurs et vendeurs spécialisés de technologies de niche.

- Motorola / Meshnetworks : acquisition par Motorola
- Lucent / Bel Air Networks : accord de commercialisation
- Siemens / RoamAD : accord de commercialisation

IV.1.2. Un dimensionnement du réseau variable selon les usages et la densité de la ville

IV.1.2.1. Choix du nombre de points d'accès

L'analyse des différents déploiements permet de relever un certain nombre de critères ayant un impact sur le dimensionnement des Points d'Accès :

- **usages du réseau** : un réseau ouvert au public requiert une plus grande densité de PA qu'un réseau purement dédié aux usages municipaux (nombres d'utilisateurs plus important, outils de télémétrie peu gourmands en bande passante) ;
- **nature commerciale du réseau** : un réseau gratuit, qui met moins l'accent sur les contraintes de qualité de service et de performances, aura une moindre densité (exemple : pour le support d'accès résidentiels, Earthlink utilise un ratio de 30 PA/mile carré⁴⁷ alors que Metrofi sera plutôt à 20 PA/mile carré⁴⁸) ;
- **densité des ménages sur le territoire couvert** : pour un usage résidentiel (plus l'habitat est dense, plus l'opérateur déploie de PA).

La figure 18 ci-dessous présente la densité des PA selon la densité de ménages à desservir (échelle logarithmique pour la densité des ménages).

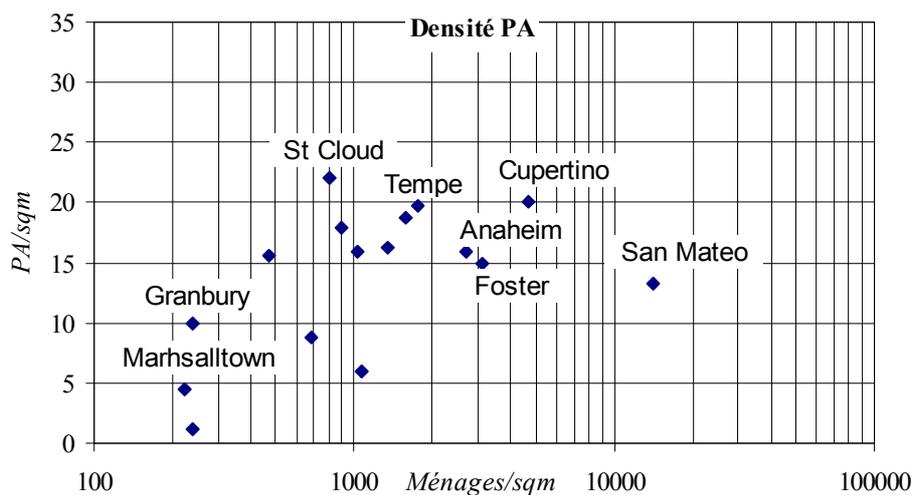


Figure 18 – Densité des PA selon la densité des ménages desservis

La faible densité de PA dans le cas de San Mateo s'explique surtout par les usages professionnels du réseau.

Par ailleurs, pour assurer une bonne qualité de réseau, certains utilisent des ratios relativement élevés même dans les petites villes peu denses (exemple : St Cloud), ce qui fait des rayons de **couverture d'environ 200 mètres autour des PA**.

Dans le cas de communes plus rurales (Granbury, Marshalltown), il semble que les règles de dimensionnement soient différentes, car elles présentent des ratios plus proches de 10 PA par mile carré⁴⁹, soit **des rayons de couverture de 300 à 400 mètres autour des PA**.

⁴⁷ Soit 12 PA par km².

⁴⁸ Soit 8 PA par km².

⁴⁹ Soit 4 PA par km².

Si l'on rapporte ces données aux premiers déploiements, on remarque que les opérateurs se voient obligés de densifier leur réseau de PA pour avoir des performances correctes. Ainsi :

- Earthlink, qui travaillait au début sur des ratios de 10-15/PA par mile carré (soit 4 à 6 PA par km²), fait évoluer son modèle vers un ratio de 30 dans certaines zones denses ;
- Chaska.net a également dû réinvestir dans un certain nombre de PA.

En bref :

Les choix de dimensionnement en termes de PA/superficie ont un fort impact sur le coût des réseaux ce qui explique les larges fourchettes de coûts présentées dans les annonces orchestrées par les municipalités. Les villes font généralement réaliser des études préliminaires pour déterminer les enveloppes budgétaires et peuvent recevoir des offres bien inférieures lors des appels à projets. Ceci illustre notamment le fait que :

- ***les technologies Mesh ne sont pas encore totalement matures et les ingénieries peuvent différer d'un constructeur à l'autre, avec une part d'improvisation et quelques approximations ;***
- ***avec les évolutions fonctionnelles et technologiques permanentes, le secteur est loin d'être stabilisé et ne fonctionne pas encore à un rythme de « croisière ».***

IV.1.2.2. Des architectures de collecte essentiellement en WiMax et parfois en fibre

Les municipalités possèdent fréquemment un certain nombre de fibres optiques qu'elles peuvent utiliser comme réseau de collecte.

Cependant, une grande partie des déploiements repose sur des articulations entre WiFi Mesh et WiMax, avec notamment un grand nombre de rebonds radio (de 40 à 60 selon le constructeur Strix).

- Les retours d'expérience sont plutôt satisfaisants en termes de débit. Ces résultats sont à confirmer avec une charge de réseau croissant avec les usages.
- Les municipalités considèrent **qu'un des intérêts de la technologie Mesh réside dans son peu d'exigence en termes de backhaul** et que le réseau sera renforcé au fur et à mesure de la montée en charge des usages. A terme, on pourra arriver à une architecture quasiment sans maillage avec un backhauling au niveau de chaque PA.

IV.1.3. Les performances des réseaux déployés sont satisfaisantes au vu du trafic actuel

Avec l'entrée en service des premiers réseaux WiFi maillés municipaux aux Etats-Unis, la fin du premier semestre 2006 a donné lieu à un certain nombre de comptes rendus d'expériences. Ceux-ci sont, généralement positifs:

- couverture outdoor correcte ;
- « inclusion numérique » efficace (70% des résidents inscrits dans les 6 mois à Saint-Cloud) ;
- applications professionnelles donnant satisfaction (Corpus Christi, San Mateo...) ;
- flexibilité de l'ingénierie réseau par renforcement du backhaul et auto-configuration.

En revanche, les principales critiques portent sur :

- des couvertures indoor insuffisantes, qui nécessitent des investissements en répéteurs et prestations d'installation ;
- une mise en œuvre des équipements anticipée pour améliorer la couverture et faire face à la demande (Chaska) ;
- un recul insuffisant en cas de montée en charge du trafic.

Les tenants des réseaux WiFi Mesh municipaux rappellent que le grand public a souvent des attentes trop grandes par rapport aux potentialités offertes par la technologie.

Pour éviter ceci, ils rappellent qu'il faut mesurer le succès des réseaux en ligne au vu des premiers objectifs poursuivis par la municipalité : par exemple, un réseau destiné à supporter des services municipaux, et accessoirement ouvert au public, ne peut être considéré de mauvaise qualité si la couverture indoor n'est pas assurée sur toute la ville.

IV.1.4. Une pluralité de montages économiques en fonction des objectifs

IV.1.4.1. Huit scénarii de déploiement recensés : objectifs et modèles économiques

Comme le montre le tableau 19, les projets municipaux peuvent relever de **logiques économiques** différentes selon les objectifs poursuivis.

Tableau 19 – Business Models envisageables pour le déploiement de réseaux municipaux

Objectifs	Réseaux déployés par la municipalité	Réseaux déployés par un ISP
Usages municipaux	San Mateo/ville	
	Recettes : - gains de productivité	
Usages municipaux + accès résidentiel gratuit	St Cloud / HP	
	Recettes : - économies télécoms - gains de productivité	
Usages municipaux + accès résidentiel payant	Corpus Christi/ville	Tempe/WAZmetro
	Recettes : - gains de productivité - vente en gros aux ISP	Recettes : - (pour mémoire) : fourniture gratuite à municipalité - abonnements - services premium
Accès résidentiel payant	Chaska/Chaska.net	Anaheim/Earthlink Philadelphia/Earthlink (proj)
	Recettes : - abonnements - services premium	Recettes : - (pour mémoire) : fourniture gratuite à municipalité - abonnements - services premium
Accès résidentiel gratuit	Hermosa Beach/intégrateur local	Métrofi/Cupertino Mountain View/Google San Francisco/Google (proj)
	Recettes : - publicité - économies télécoms	Recettes : - publicité - services premium - vente en gros aux ISP

SagaTel distingue huit scénarii, structurés autour de combinaisons entre services supportés et porteurs des projets :

- cinq scénarii concernent des déploiements portés par des municipalités (colonne de gauche)
- trois scénarii concernent des associations mettant en avant des ISP (colonne de droite).

Chaque case présente :

- des exemples de cas avec la ville / l'exploitant du service
- les sources de financements explorées

Il n'y a pas de scénario dans lesquels un ISP déploierait sans commercialisation d'abonnements ni appui sur la publicité: . Le tableau ci-dessous indique les différents gains économiques liés à ce type de déploiement (recettes ou réduction des dépenses publiques) :

- pour la municipalité : économies réalisées en facture télécoms ou gains de productivité ; vente de services télécoms de gros ; vente de publicité locale ;
- pour les fournisseurs commerciaux : abonnements de base et services premium ; vente de services télécoms de gros ; vente de publicité locale.

IV.1.4.2. Des investissements variant dans une fourchette de prix assez large

Le tableau 20 présente des estimations de coûts de déploiement des réseaux à partir de sources de différentes natures (déclarations des acteurs ; éléments techniques connus ; montants des investissements par résident ou coût réseau par mile carré).

Ce tableau fait apparaître que les investissements nécessaires pour couvrir une superficie d'un **mile carré s'échelonnent entre 40 et 200 k\$ (soit 10 à 60 k€ par km²)**.

Cette fourchette est très large (comme on l'a déjà vu pour le dimensionnement en densité de PA), ce qui peut s'expliquer par plusieurs raisons :

- dans la fourchette basse, on peut penser que cela est dû à un sous-dimensionnement (par exemple, Chaska.net a dû réinvestir) ;
- Metrofi a un business model basé sur la fourniture d'un service gratuit financé par la publicité et se développe par des investissements de 60 k\$ par mile carré (soit 18 € par km²) ;
- certains cas se situent clairement dans le haut de la fourchette en recherchant une qualité maximale.

IV.1.4.3. Une modalité pérenne et fiable de financement des projets : la commercialisation d'abonnements résidentiels

Au delà des modèles adoptés par différentes municipalités, cette partie se propose d'évaluer les différents modèles économiques actuellement retenus, répartis entre modèles avec recettes d'abonnement et sans recette d'abonnement.

Pour chaque modèle de financement, SagaTel a effectué **une évaluation des coûts récurrents** et analysé **le nombre d'abonnés** nécessaires pour arriver à l'équilibre, ainsi que **les revenus publicitaires générés** et **les économies** réalisées par la ville.

Tableau 20 – Coûts de déploiement associés aux différents réseaux Mesh

Ville	Coûts/res (\$)	Coûts PA/sqm (K\$)	Coût/sqm (K\$)	Coût total (K\$)
Marshalltown				
Rio Rancho				
Granbury				
Chaska	80	38	38	600
Corpus Christi	89	44	60	8 889
St Cloud	217	110	173	2 600
Grand Haven	45	45	40	224
New Orleans	101	80	105	1 568
Cerritos				
Galt				
Tempe	34	47	53	2 115
Aurora	34	99	60	2 280
Anaheim	37	80	100	5 000
Foster city	18	38	56	213
Cupertino/St Clara	43	100	200	5 000
Hermosa Beach	12	45	70	35
San Mateo				

- **Modèles avec recettes d’abonnement :**

D’après nos analyses, un objectif de pénétration entre **6 et 15% des ménages** permet d’atteindre l’équilibre, ce qui demeure relativement modeste.

Sachant qu’en moyenne, seulement 30 à 40% des ménages américains ont accès à une offre haut débit « traditionnelle » (DSL ou câble) et que les tarifs se maintiennent à un niveau élevé, le financement d’un réseau WiFi maillé par des recettes d’abonnements semble un business modèle réaliste.

- **Modèles sans recettes d’abonnement :**

L’équilibre est plus aléatoire puisque :

- les économies de fonctionnement ne couvrent généralement que 10% des coûts du réseau (ex : St Cloud);
- en l’état actuel du marché, les recettes publicitaires peuvent ne pas être suffisantes pour couvrir les frais (ex : réseau de Cupertino). Il s’agit alors de trouver des recettes complémentaires (ex : services premium dans une ville très High Tech) ;
- quelques villes tirent leur épingle du jeu en ayant choisi un « mix » plus adapté:
 - o **Hermosa Beach** avec un réseau très légèrement dimensionné, réalise des économies globales (la municipalité a remplacé deux liaisons louées à 2 Mbit/s par un accès Internet globalisé à 6 Mbit/s).
 - o De la même manière, la ville de **Foster**, qui a aussi choisi des investissements légers, peut espérer équilibrer son projet si des revenus complémentaires viennent se greffer aux revenus publicitaires.

IV.1.4.4. Les réseaux municipaux sont pertinents pour des densités de 1500 habitants par km²

D’une manière générale, si l’on retient une fourchette d’investissements réseau de 60 à 100 k\$ par mile carré (soit 15 à 35 € par km²), on obtient les indicateurs modélisés ci-dessous. On

observe notamment que ces données correspondent à des coûts récurrents entre 10 et 23 k\$ par an par mile carré (soit 3 à 7 k€ par km²).

Tableau 21 – Réseau maillés WiFi et densité des communes

Unité de surface (mile carré)	fourchette	
	basse	haute
investissement (K\$)	60	100
ratio exploitation	10%	20%
coût exploitation	6,0	20,0
amortissement réseau	15,0	33,3
durée amortissement (années)	4	3
Total récurrent (K\$)	10	23
Nbr d'abonnés (en milliers) break even	42	96
Pénétration cible	10%	10%
Densité ménages	417	958
Densité / km²	163	374

Si l'on considère que 10% des ménages sont susceptibles d'être intéressés par le service (hypothèse conservatrice dans un marché de carence), **les réseaux maillés deviennent pertinents d'un point de vue économique dans les communes avec une densité supérieure à 500-1000 ménages/km² soit 1 500 à 2 500 habitants/km².**

IV.2.L'exemple Mesh américain est-il transposable à la France ?

IV.2.1. Le maillé en France concerne aujourd'hui principalement des projets pilotes

Quelques projets de réseaux maillés ont été menés ou sont encore en cours ou en France. En ce qui concerne les réseaux ouverts au public, on peut citer en particulier :

- à **Amiens**, la jeune société Luceor a réalisé dès 2005 une expérimentation de réseau maillé combinant des technologies WiFi et WiMax;
- Strix Systems et France Telecom ont déployé un réseau Mesh sur le campus de **Supélec**, essentiellement en indoor ;
- France Telecom a réalisé avec Nortel une expérimentation à **Belfort** ; celle-ci a permis d'illustrer notamment les difficultés d'adaptation des matériels américains au cas français (en particulier pour appliquer les obligations de sélection dynamique des fréquences DFS à 5 GHz qui étaient plus contraignantes en Europe qu'aux Etats Unis).

Il existe aussi un certain nombre d'expériences liées à des usages en entreprise :

- Ainsi la société **Cisco** expérimente ses équipements maillés autour de son siège à Issy-les-Moulineaux ;

On trouve enfin des applications WiFi maillées pilotes dans le contexte de réseaux dédiés à des applications professionnelles, généralement liées à la sécurité:

- Ainsi la société **LUCEOR** a participé mi 2006 avec le RAID de la Police Nationale à des expérimentations de **vidéosurveillance** utilisant le WiFi maillé ; plus récemment elle a déployé un autre réseau de vidéosurveillance maillé dans le métro de Lyon

On a vu par ailleurs qu'une bonne optimisation des réseaux maillés consiste à séparer les ressources radio utilisées pour l'accès final aux abonnés (bande des 2,4 GHz), des ressources utilisées pour le backhaul maillé (bande des 5 GHz).

L'ouverture récente en France, début 2006, de la bande 5470-5725 MHz pour des applications WiFi en extérieur, devrait donc donner un nouvel essor aux applications des technologies maillées, au moment où la maturité de ces technologies au niveau international est de mieux en mieux établie.

IV.2.2. Applications publiques urbaines et rurales

La couverture haut-débit en France, où l'ADSL est très présent, est très différente de celle des Etats-Unis.

Le WiFi pourrait permettre le déploiement de réseaux alternatifs dans un certain nombre de villes (potentiellement plusieurs centaines sur la base de chiffres généraux de densité de ménages par communes),.

Cependant, en France; une grande majorité de ces villes ont déjà une offre DSL concurrentielle (Free est présent sur 700 NRA et Neuf Cegetel sur 1000)., ce qui ne rendrait le WiFi maillé pertinent que pour quelques villes particulières.

Le déploiement d'un réseau Mesh à **usage municipal** - plutôt que public - pose également la question des services concernés pour utiliser pleinement le réseau. Dans le cas d'une petite ville française, ces services ne représentent généralement pas assez de personnels.

Comme on l'a vu, l'offre Mesh pourrait davantage trouver un usage lié à « **l'aménagement du territoire** » dans un certain nombre de **petites villes plus rurales**. En effet cette technologie enrichit les possibilités du WiFi pour des **applications de collecte**.

Enfin, en environnement rural, la technologie maillée permet d'étendre la couverture d'un système de desserte WiFi en étendant, dans le respect des limitations de PIRE, la couverture grâce aux rebonds successifs.

IV.2.3. Les réseaux WiFi maillés : une alternative pour les PMR ?

IV.2.3.1. L'existence de réseaux radio professionnels alternatifs : un frein potentiel au développement du Wi-Fi maillé

Les lourds investissements consentis en France dans les différents services d'urgence utilisant d'autres technologies radio et le « cloisonnement » de ces services constituent un frein au développement en France des réseaux Wi-Fi maillés pour des usages professionnels.

Le modèle français organise la plupart des services d'urgence et de sécurité au niveau départemental ou national, par exemple :

- sapeurs pompiers financés par les départements ;
- police nationale découpée en directions départementales, plus ou moins indépendantes sur le choix des moyens télécoms ;
- gendarmerie nationale (gestion télécom centralisée au niveau national).

Par ailleurs, les services des eaux, du gaz et de l'électricité restent encore très centralisés et encore assurés par des groupes nationaux.

Aussi, ce découpage rend difficile un partage d'infrastructures mutualisées.

Cependant, un accident d'ampleur en agglomération (exemple AZF à Toulouse) montre tout l'intérêt de la séparation des réseaux des services d'urgence et de sécurité. Dans un tel cas, le réseau GSM par exemple est rapidement saturé et seuls les réseaux propriétaires dédiés persistent.

Enfin, les services de police et de gendarmerie ayant consenti des efforts financiers considérables pour réaliser une couverture nationale basée sur la technologie Tetrapol (réseaux Rubis et Acropole), la migration de ces réseaux vers le WiFi n'est pas à l'ordre du jour.

Dans ces conditions, l'utilisation de réseaux WiFi maillés pour la réalisation de réseaux radio privés (2RP ou PMR⁵⁰) n'est pas une alternative à court terme dans le domaine de la sécurité et de la protection civile. Mais la question reste ouverte pour d'autres applications.

IV.2.3.2. Le déploiement de réseaux maillés pourrait être motivé par les besoins croissants d'applications de vidéosurveillance, de télémétrie et de localisation.

Les capacités de reconfiguration des réseaux maillés WiFi apparaissent bien adaptées à certains usages :

- la vidéosurveillance,
- la localisation de bus,
- la télémétrie,
- l'accès à des bases de données centralisées par du personnel nomade (ex : contrôleurs rattachés à différentes administrations).

Pour ces usages, **le WiFi maillé peut se positionner en concurrence avec les réseaux GPRS des opérateurs mobiles.**

C'est bien la stratégie de certains opérateurs alternatifs qui cherchent à réaliser une couverture urbaine pour développer des services de télémétrie (par exemple, télérelève pour les distributeurs de boisson ou vidéosurveillance).

IV.2.3.3. Avantage économique : le coût des terminaux.

Le potentiel du WiFi, maillé ou non, est donc réel pour certaines applications «professionnelles» **en milieu urbain ou semi-urbain, au service des administrations.** Au cœur de cet enjeu se situe en fait le coût des terminaux, lesquels sont encore souvent très onéreux dans le cas des réseaux professionnels dédiés (PMR), alors que des terminaux WiFi banalisés peuvent offrir des applications très riches, avec des débits de transmission importants, et à des coûts très compétitifs.

⁵⁰ Private Mobile Radio.

IV.3. Les réseaux WiFi maillés, soutenus par le dynamisme des industriels, devraient s'imposer dans certains contextes locaux

En Amérique du Nord et de plus en plus en Asie (Singapour, Hong Kong, Australie) , les réseaux maillés sont en plein essor et gagnent régulièrement de nouveaux territoires.

Certains analystes chiffrent la croissance du marché des équipements WiFi maillés à près de 100% en 2006, et prévoient que ce marché pourrait atteindre un volume d'un milliard de dollars (soit 800 M€) en 2008⁵¹.

Ces réseaux, qui émergent tout juste il y'a environ trois ans, proposent aujourd'hui de plus en plus de fonctionnalités (services voix avec mobilité par exemple), avec une qualité de service croissante.

En l'état de la technologie actuelle et, les réseaux maillés semblent globalement efficaces mais les technologies concurrentes conservent leur avance dans leurs domaines de prédilection respectifs :

- **accès Internet fixe** : les réseaux maillés ne proposent pas les niveaux de débit et la fiabilité d'une liaison filaire de type ADSL, câble ou FTTH ;
- **réseaux mobiles** : les réseaux maillés n'égalent pas les performances des réseaux GSM tant au niveau de l'efficacité spectrale que de la variété et l'autonomie des terminaux ;
- **réseaux professionnels** : les réseaux maillés ne permettent pas de disposer d'un accès garanti à la ressource radio ; ils n'offrent pas non plus les mêmes garanties en terme de sécurité.

Mais, en moyenne, la technologie Mesh appliquée au WiFi constitue une alternative crédible pour chacun des marchés concernés au regard :

- du coût des équipements,
- de la facilité de déploiement,
- des niveaux de débits,
- de l'étendue géographique de la couverture,
- de la qualité de service, tant pour la voix que pour les données.

Les réseaux maillés présentent donc tous les atouts pour gagner des parts de marché sur les technologies concurrentes, tout particulièrement dans les pays émergents ou les zones rurales.

Même si des freins technologiques, institutionnels et économiques persistent, leur généralisation va se poursuivre avec un soutien actif des industriels.

⁵¹ Source : Etude de marché réalisée par Heavy Reading (2006)

Partie V. Conclusions

Le WiFi est une technologie bénéficiant d'une dynamique industrielle et fonctionnelle vigoureuse, qui se situe à la convergence de plusieurs marchés :

- équipements des réseaux d'entreprises ;
- support de RLAN domestiques multiservices en extrémité d'un accès DSL ;
- services de radiocommunications nomades et mobiles.

V.1. La technologie WiFi

L'étude a permis de clarifier les avantages mais aussi les contraintes techniques liés à l'utilisation de la ressource spectrale WiFi d'accès « libre » :

- La souplesse d'utilisation et la généralisation au niveau mondial des bandes WiFi est un facteur très stimulant pour l'innovation tant dans le domaine des équipements que des services.
- Elle est associée par contre à la nécessité de contrôler strictement les niveaux de puissance émise pour éviter les interférences entre utilisateurs. En Europe, la réglementation impose des limitations de puissance rayonnée « isotrope » (PIRE), c'est à dire valable dans toutes les directions. C'est en effet la seule méthode permettant de garantir a priori la coexistence de nombreux utilisateurs indépendants dans la même bande.
- Le succès des applications WiFi a conduit les législateurs de nombreux pays à rechercher progressivement de nouvelles bandes pour étendre le champ d'application de la technologie. On assiste ainsi à une utilisation de plus en plus importante des bandes à 5 GHz en complément des ressources radio à 2,4 GHz: en France, l'ouverture des bandes entre 5,15 et 5,35 GHz a ainsi été complétée en 2006 par l'ouverture d'une bande entre 5,47 et 5,725 GHz.
- Les nouvelles bandes à 5 GHz ne bénéficient pas d'une diffusion aussi large d'équipements, mais elles offrent des avantages en termes de puissance autorisée. Elles sont en particulier utiles pour réaliser des liaisons d'infrastructures entre points d'accès, par exemple pour des réseaux à architecture maillée.

En termes de flexibilité des usages, le WiFi bénéficie directement de la souplesse et de la richesse des réseaux IP. En ce sens, le WiFi est l'extension sans fil la plus naturelle de l'Internet. Il apparaît aussi que, loin d'être figée, la technologie continue d'évoluer pour améliorer ses performances dans de nombreux domaines : couverture, débits offerts, qualité de service, sécurité. Mais cette évolutivité de la norme a aussi un prix : elle conduit les utilisateurs et les opérateurs à mettre à jour régulièrement leurs terminaux et leurs réseaux, avec des difficultés potentielles de gestion du parc et la nécessité de valider soigneusement à chaque étape la non régression des applications.

V.2. Les marchés des réseaux ouverts au public utilisant la technologie WiFi

En termes de marché, l'étude montre que le véritable potentiel du marché de services WiFi est encore émergent. En effet, le marché aujourd'hui le plus important, bien qu'il ne constitue qu'une niche pour les opérateurs, est celui des Hot Spots, particulièrement dans les hôtels. En continuant de se développer, les RLAN domestiques multiservices utilisant le WiFi permettent par ailleurs de renforcer progressivement la couverture du WiFi et permettent d'envisager des services de type « continu urbain ».

Le potentiel réel du WiFi pour des réseaux publics d'opérateurs est difficile à appréhender aujourd'hui : il est probable que ce sont de nouvelles applications, à peine émergentes aujourd'hui, qui tireront le marché de demain. Parmi celles ci, on peut percevoir :

- le WiFi associé aux technologies de maillage qui permettent, dans le respect des limitations de PIRE, d'améliorer la profondeur et la continuité de couverture des réseaux en environnement urbain : on passe ainsi d'une couverture discrète de Hot Spots à une couverture quasi continue en ville ;
- le WiFi évoluant d'un mode nomade, statique, vers des usages de plus en plus mobiles : les expériences les plus récentes, en particulier aux Etats Unis, permettent de prévoir une compétitivité croissante des réseaux WiFi avec les réseaux cellulaires ;
- le WiFi peut-être utilisé aussi dans des environnements ruraux, avec des avantages économiques mais aussi des freins liés aux limitations de puissance qui ne permettent pas un bon compromis portée - débit : pour ces applications de réduction de la fracture numérique, des technologies à bandes licenciées comme le WiMax semblent plus prometteuses ... avant la généralisation des accès filaires DSL ou FH sur tout le territoire.

Le WiFi a aussi un rôle important à jouer dans la convergence entre les réseaux mobiles et les réseaux fixes. Ainsi l'apparition de terminaux duaux, capables de se connecter aussi bien à des stations de base cellulaires qu'à des points d'accès WiFi, est un phénomène récent mais appelé à se généraliser car il intéresse à différent titre de nombreux acteurs télécom :

- les opérateurs en entreprise voulant offrir la convergence vers des terminaux haut débit multifonctions et une optimisation des coûts,
- les opérateurs fixes évoluant vers des offres de plus en plus mobiles pour concurrencer les opérateurs cellulaires
- les opérateurs généralistes préparant des offres convergentes incluant le haut débit et la mobilité.

V.3. Nouveaux développements industriels

La consultation des acteurs a également permis de relever :

- que les bandes WiFi disponibles permettent de répondre aux principaux besoins, tant pour les applications privées du WiFi que pour les nouveaux services d'opérateurs ;

- que l'enrichissement permanent de la technologie lui a permis d'atteindre un degré de maturité tel qu'il occupe déjà aujourd'hui une place importante dans la variété des technologies télécom ;

Les acteurs industriels, nombreux aux Etats-Unis mais aussi dans de nombreux autres pays notamment en Europe et en Asie, continuent d'améliorer la technologie WiFi pour élargir ses domaines d'application. On assiste ainsi à des enrichissements au niveau de la norme IEEE 802.11, mais aussi au développement de compléments « propriétaires » pour compenser les défauts initiaux du WiFi et le positionner en concurrence plus directe avec d'autres technologies radio telles que les réseaux cellulaires, les réseaux professionnels PMR et les nouveaux systèmes haut débit de type Wimax, etc.

Par exemple, le WiFi maillé est devenu un phénomène important aux Etats-Unis tant en nombre de projets qu'en terme d'usages supportés :

- Il répond à une certaine carence en termes de solutions haut débit pour les particuliers ou les professionnels : ainsi dans de nombreuses régions du territoire américain, il n'existe pas encore d'offre compétitive avec des solutions fixes (DSL, câble) ou avec des solutions radio (3G)
- Quelques 300 villes sont aujourd'hui concernées par des réseaux WiFi, la moitié d'entre elles ayant déjà un projet opérationnel supportant soit des usages pour les besoins propres de la municipalité, soit des usages grand public d'accès « haut débit » résidentiel, soit les deux.
- Les fonctionnalités supportées par ces réseaux sont variées, allant des usages traditionnels d'accès fixes et nomade à Internet à des usages de transmissions de données mobiles, ou de communications de voix nomades, voire mobiles.
- Ces développements positionnent le WiFi en concurrence avec d'autres technologies radio de type réseaux cellulaires ou réseaux professionnels

Le succès du WiFi maillé aux Etats-Unis montre que des équipements WiFi peuvent être utilisés pour des usages très innovants, et que cela pourrait même poser des questions sur les conditions techniques et réglementaires dans lesquelles le WiFi est déployé (bandes de fréquences libres, limitations de puissance).

En ce qui concerne la France, le potentiel des réseaux maillés semble cependant moins important qu'aux Etats-Unis, du fait d'une couverture ADSL bien supérieure, de la concurrence des réseaux PMR déjà installés, et de l'offre cellulaire 2G / 2,5G / 3G qui s'enrichit continuellement en terme de débit et de couverture du territoire.

On peut ainsi prévoir que les applications du WiFi maillé concerneront surtout en France des applications spécialisées de type vidéosurveillance, télémétrie, etc. Le maillage sera aussi probablement utilisé comme technologie d'amélioration de la portée et de la fiabilité du WiFi en zone rurale - et potentiellement aussi en zone urbaine - pour compenser les limitations de puissance rayonnée par l'utilisation de bonds multiples. L'ouverture récente de la bande 5,4-5,7 GHz permet déjà par ailleurs des implémentations maillées performantes qui combinent des structures maillées de collecte à 5 GHz utilisée et des réseaux de desserte des utilisateurs à 2,4 GHz

V.4. Aspects réglementaires

En ce qui concerne les problématiques réglementaires qui se posent au regard des usages actuels et futurs du WiFi, SagaTel formule différentes recommandations :

Lever le caractère expérimental

Si le marché de services WiFi se confirme, cette technologie doit sortir d'un cadre réglementaire d'exception - le régime expérimental - et doit s'inscrire dans un cadre plus général, technologiquement neutre, comportant les obligations suivantes :

- permanence, disponibilité et qualité des différents réseaux et services ;
- respect de la confidentialité et de la neutralité au regard des communications ;
- obligations sur l'information et la protection des utilisateurs ;
- taxes administratives.

Maintenir les conditions actuelles d'accès aux ressources spectrales

Les acteurs estiment dans leur grande majorité que l'utilisation libre des fréquences est un facteur-clé de dynamisme et de développement de ce marché. En l'absence de problèmes particuliers d'interférences, il n'apparaît donc pas nécessaire de modifier la réglementation des ressources radioélectriques (ouverture de nouvelles bandes ou « privatisation » de bandes WiFi au profit de certains utilisateurs), ni d'assujettir les opérateurs aux redevances de mise à disposition et de gestion de fréquences.

Encourager la variété des usages WiFi tant dans le domaine des réseaux privés que dans le cadre de réseaux et services ouverts au public.

La limitation des puissances applicables aux équipements permet d'assurer que la croissance de réseaux WiFi publics ne se fera pas au détriment des applications privées.

Le maintien du *statu quo* permettrait notamment de continuer à encourager les initiatives dans le domaine, et devrait confirmer à terme l'intérêt du WiFi vis à vis des technologies concurrentes de référence (réseaux cellulaires, Wimax, réseaux professionnels PMR, etc.).

Pour conclure, on pourra remarquer qu'un des enjeux principaux autour du WiFi est bien de ne pas entraver la formidable **dynamique d'innovation** que peut apporter cette technologie.

En effet, la convergence des réseaux et services permet à de nouveaux acteurs de se positionner sur une chaîne inédite de la valeur ajoutée entre le fournisseur d'accès Internet et les abonnés. Cette chaîne, en cours de développement, pourra comprendre tant des acteurs traditionnels de services télécoms (opérateurs de boucle locale, fournisseurs d'accès à Internet) que des nouveaux venus du secteur industriel (constructeurs de routeurs WiFi à fonctionnalités avancées) et des fournisseurs de services (accès, contenus, etc.).

Par rapport à cette dynamique, on peut cependant mettre en avant le risque de dilution des responsabilités (acteurs multiples) vis-à-vis des consommateurs. Si l'enjeu des prochaines années concerne la capacité de ces nouveaux acteurs à survivre face à un marché de masse qui générera un mouvement de concentration inéluctable, la protection du consommateur doit rester au centre des préoccupations réglementaires.

ANNEXES

Glossaire

Sigle	Descriptif	Définition
Spécifique WiFi		
CSMA-CA	Carrier Sense Multiple Access – Collision Avoidance	Méthode de gestion de l'accès à la ressource radio en WiFi.
PA	Point d'Accès	Les points d'accès (<i>bornes sans fil</i>) permettant de donner un accès au réseau filaire (auquel il est raccordé) aux différentes stations avoisinantes équipées de cartes WiFi.
SSID	Service Set Identifier	Identifiant d'un réseau radio WiFi
WEP	Wired Equivalent Privacy	Protocole de chiffrement des flux WiFi.
WMC	WiFi Mobile Convergence	Spécifications visant à promouvoir la convergence cellulaire/WiFi.
WMM	Wireless Multimedia	Norme WiFi visant à améliorer la qualité de service.
WPA	WiFi Protected Access	Protocole de chiffrement des flux WiFi qui cherche à corriger les failles du WEP.
Telecom		
	Backbone	Ensemble des artères principales du réseau qui interconnecte les nœuds du réseau. Le backbone est constitué de quelques liens longue distance à très haut débit.
	Bluetooth	Technologie radio à courte distance destinée à simplifier les connexions entre les appareils électroniques
	Gigue	Phénomène de fluctuation d'un signal dans le temps. Cette fluctuation peut être un glissement de phase ou une dispersion temporelle. Elle génère des erreurs en sortie lors de la récupération des données.
	Hand-over	Ensemble des opérations mises en œuvre permettant qu'une station puisse changer de cellule sans interruption de service.
	Latence	La latence désigne le délai entre le moment où une information est envoyée et celui où elle est reçue.
	Mobilité	Action pour un utilisateur de se déplacer tout en conservant les services disponibles et ses connexions.
	Nomadisme	Action pour un utilisateur de se déplacer d'un point de service à un autre point de service.
	Réseau de collecte	Réseau chargé d'agréger les flux pour les transporter.
	Réseau de desserte	Réseau acheminant un service jusqu'à l'utilisateur final.
	Roaming	Itinérance en français. Faculté de pouvoir appeler ou être appelé quelle que soit sa position géographique. En pratique, le roaming désigne plus généralement la capacité des clients à accéder à leurs services depuis les réseaux visités exploités par d'autres opérateurs.
	Zones blanches	Zones ne disposant pas du haut débit et en particulier n'étant pas éligibles ADSL.
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	Méthode de transport de données sur la paire téléphonique de cuivre de l'abonné par l'utilisation de fréquences de transmission supérieures à la bande vocale, avec un débit montant inférieur au débit descendant vers l'utilisateur.
ANFR	Agence Nationale des Fréquences	

BLR	Boucle Locale Radio	La Boucle Locale Radio (BLR : norme 802.16) représente l'ensemble des technologies permettant à un particulier ou une entreprise d'être relié à son opérateur (téléphonie, Internet, télévision...) via les ondes radio. C'est un type de boucle locale permet de compléter la desserte filaire traditionnelle.
BTS	Base Tranceiver Radio	Relais Radio.
CPE	Customer Premises Equipment	Un CPE est un équipement qui se trouve dans le site d'un client (d'une entreprise) et qui est raccordé à l'infrastructure d'un opérateur au niveau d'un POP (Point Of Presence), via une boucle locale.
CEPT	Conférence Européenne des Postes et Télécommunications	
CPL	Courants Porteurs en Ligne	Technologie qui vise à faire passer de l'information à haut débit sur les lignes électriques en utilisant des techniques de modulation avancées.
DFS	Dynamic Frequency Selection	Mécanisme de sélection dynamique des fréquences visant à éviter les interférences notamment avec les systèmes radar.
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexor	Multiplexeur qui permet d'assurer sur les lignes téléphoniques un service de type DSL.
DECT	Digital Enhanced Cordless Telephon	Norme de téléphonie sans fil numérique destinée aux particuliers comme aux entreprises dans la gamme de fréquences 1880 à 1900 MHz. Cette norme, même si elle a été conçue pour une gamme large d'utilisations, est aujourd'hui principalement utilisée pour des communications vocales.
EAP	Extensible Authentication Protocol	Protocole d'identification utilisé dans les liaisons point à point.
ETSI	European Telecommunications Standard Institute	Institut Européen de Normalisation des Télécommunication
FAI	Fournisseur d'Accès Internet	Equivalent français de ISP (Internet Service Provider)
FCC	Federal Communications Commission	Agence fédérale US chargée de la régulation des télécommunications et de la télévision.
FSS	Fixed Satellite Service	Service satellite qui utilise des bornes terrestres fixes (exemple : la télévision).
FH	Faisceau Hertzien	
FT	France Telecom	
FTTH	Fiber To The Home	Solution de réseau à large bande mettant en œuvre le déploiement de la fibre optique jusque chez l'abonné.
GPS	Global Positionning System	Système de positionnement par satellite.
GPRS	General Packet Radio Service	Norme pour la téléphonie mobile dérivée du GSM permettant un débit de données plus élevé.
GSM	Global System for Mobile Communications	Norme pour la téléphonie mobile (originellement Groupe Spécial Mobiles de la CEPT).
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access	Norme pour la téléphonie mobile permettant d'accroître les débits de transfert de données vers l'utilisateur (downlink)
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access	Norme pour la téléphonie mobile permettant d'accroître les débits de transfert de données en uplink.
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol	Protocole d'échange de données utilisé sur internet dans paradigme Client-Serveur.
H-WISP	Home Wireless Internet Service Provider	Gestionnaire d'un abonné (par opposition au V-WISP).
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	L'organisation a pour but de promouvoir la connaissance dans le domaine de l'ingénierie électrique notamment par la réalisation de normes.
IP	Internet Protocol	Protocole de niveau 3 du modèle OSI (réseau) gérant l'adressage et le routage des données.

IMS	IP Multimedia Subsystem	Nouvelle norme de réseau d'opérateur telecom visant à offrir de la voix sur IP par le protocole SIP et des services multimédias.
ISM	Industrial Scientific Medical	
ITU	International Telecommunication Union	Union Internationale des Télécommunications (UIT).
LAN	Local Area Network	Réseau local d'établissement.
MAC	Medium Access Control	Méthode d'accès au canal (niveau 2). En WiFi, la station voulant émettre écoute le réseau ; si le réseau est encombré, la transmission est différée.
MAN	Metropolitan Area Network	Réseau métropolitain.
MIMO	Multiple Input Multiple Output	Techniques visant à augmenter les débits proposés par la norme WiFi à partir de plusieurs fréquences radio et antennes.
M2M	Machine to Machine	
NRA	Nœud de Raccordement des Abonnés	Local technique (central téléphonique ou unité de raccordement) où sont physiquement raccordées les lignes d'abonnés.
OFCOM	The Office of Communications	Régulateur des télécommunications au Royaume Uni.
PAN	Personnal Area Network	Réseau de très courte portée.
PC	Personal Computer	Micro ordinateur.
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association	Carte d'extension permettant d'ajouter des capacités ou des fonctionnalités à un ordinateur (carte WiFi).
PIRE	Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente	Produit de la puissance fournie à l'antenne par son gain dans une direction donnée par rapport à une antenne isotrope.
PmP	Point multi Point	
PMR	Private Mobile Radio	Réseaux radio Privés (2RP).
PtoP	Point to Point	Point à Point.
QoS	Quality of Service	Le terme QoS (acronyme de « Quality of Service », en français « Qualité de Service ») désigne la capacité à fournir un service (notamment un support de communication) conforme à des exigences en matière de temps de réponse et de bande passante.
RFID	Radio Frequency Identification	Méthode pour stocker et récupérer des données à distance en utilisant des marqueurs appelés « radio-étiquettes » (« <i>Tag RFID</i> » en anglais).
RLAN	Radio Local Area Network	Réseau local sans fil.
RTTT	Road Transport Traffic Telematics	Télématique du transport et du trafic routiers.
SAP	Service Access Point	Point d'accès au service.
SIP	Session Initiation Protocol	Protocole de téléphonie sur IP.
SMS	Short Message Service	Service de téléphonie permettant l'envoi de messages courts en mode texte (très populaire chez les abonnés mobiles).
SSL	Secure Socket Layer	Protocole de sécurisation de transaction qui permet le chiffrement des données et l'authentification.
TCP	Transfert Control Protocol	Protocole de transport associé généralement à IP pour gérer les connexions et les flux de paquets.
TPC	Transmit Power Control	Mécanisme de gestion de la puissance.
UMA	Unlicensed Mobile Access	Cette norme de communication se veut être la passerelle entre le monde de la téléphonie mobile et celui des réseaux mobiles IP. L'UMA assure la transmission des communications entre un réseau 2,5G ou 3G vers un réseau local sans fil tel le WiFi ou le Bluetooth. Ainsi, un client quittant le réseau local de l'entreprise peut poursuivre sa communication, auparavant en voix sur IP, sur un réseau de téléphonie traditionnel, et réciproquement.

UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	Norme européenne de la téléphonie cellulaire de 3 ^{ème} génération.
UWB	Ultra Wide Band	Technique de modulation radio qui est basée sur la transmission d'impulsions de très courte durée, souvent inférieure à la nanoseconde.
VLAN	Virtual Local Area Network	Cloisonnement logique des réseaux locaux en réseaux de diffusion indépendants..
VoIP	Voice over IP	Désigne le service téléphonique par lequel la voix est transportée sur un réseau IP.
VoD	Video On Demand	Vidéo à la demande.
VPN	Virtual Private Network	Réalisation de réseaux privés par cloisonnement logique de réseaux IP.
V-WISP	Visited Wireless Internet Service Provider	Gestionnaire du Hot Spot (par opposition au H-WISP).
WAN	Wide Area Network	Réseau dont l'extension dépasse le niveau LAN.
WLC	Wireless LAN Controller	Équipement réseau contrôlant l'ensemble des points d'accès d'un réseau et offrant des services évolués comme la mobilité.
WLAN	Wireless LAN	Réseau Local sans fil
Economique		
ARPU	Average Revenue Per User	Revenu Moyen Par Abonné
B2B	Business To Business	Echange de biens ou de services entre deux entreprises.
ROI	Return on Investment	Taux de rendement du capital investi.
Divers		
ADP	Aéroport de Paris	
DGDDI	Direction Générale des Douanes et des Droits Indirects	
DIACT	Délégation interministérielle à l'aménagement et à la compétitivité des territoires	Ex DATAR
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques	
LCEN	Loi pour la confiance en l'économie numérique	
PSP, DS		Consoles de jeux
RATP	Régie Autonome des Transports Parisiens	
SNCF	Société Nationale des Chemins de Fer	

Récapitulatif des entretiens menés

Société	Interlocuteur	Fonction	Date
Opérateurs			
Bouygues Telecom	Vincent Maret	Responsable innovation et partenariats stratégiques, Direction Entreprise	24/10/2006
	Renaud Trnka	Directeur développement stratégique et innovation	
	Alain Parker	Directeur économie et régulation	
Eutelsat	Olivier Risse	Directeur commercial	01/12/2006
Hub Telecom	Thomine-Desmazures	Chef de produits Data	18/10/2006
Infosat ICPS	Christophe Lucas	Ingénieur	23/11/2006
IS Production	Bernard Dugas	Ingénieur	09/11/2006
Meteor Networks	François Héry	Directeur administratif et financier en charge du business développement	15/09/2006
Naxos	Bertrand Lenoir	Directeur commercial	12/09/2006
Neuf-Cégétel	Anne Barbarin	Responsable interconnexion Direction des Affaires Réglementaires	26/10/2006
	Emmanuelle Anglade	Directeur de programme, Direction de l'innovation	
Numéo	François-Michel Richiardi	Directeur commercial	14/11/2006
Orange	Daniela Andrian	Directeur technique WiFi	27/09/2006
Orange	Franck Morales,	Directeur Adjoint, DME/Direction du Haut Débit Mobile	21/10/2006
Ozone	Loïc Dequay	Business Development Manager	21/09/2006
SFR	Frédéric Bruneteau	Directeur WiFi	03/10/2006
Wesela	Michel Penven	Président fondateur	29/08/2006
Wireless Link	Joël Gaget	Directeur délégué	08/09/2006
Industriels			
Alcatel	Alistair Urie	Director Corporate Network strategy	01/09/2006
Aliantiz	Thierry Zucchi	Chief Executive Officer	10/11/2006
Cisco	Jean-Louis Tillet	Responsable Développement de Marché Mobilité	28/11/2006
Intel	Claude Pin	Wireless Standards and Regulations Manager	30/11/2006
Luceor	Gabriel Dib	Président	14/09/2006
Meshnet	Jean-Romain Fougerat	Président	14/11/2006
Peer2Phone	Philippe Hervier	Chief Executive Officer	25/10/2006
Proxim Wireless	Lionel Chmilewsky	Senior VP Proxim International	01/09/2006
	Jérôme Alexandre	Manager Systems Engineer	
Strix systems	Matt Holdrege	Directeur technique international, Directeur du Business Développement	01/12/2006
Collectivités et association			
Mairie de Neulise	M. Janet	Services techniques	23/11/2006
Mairie de Paris	Eric Anvar	Chef du bureau des réseaux	19/09/2006
	Georges Dudouyt	Chef du bureau des équipements et exploitations radioélectriques	
	Frédéric Henry Jean-Michel Mattei	Adjoint section opération réseaux Sous-direction des réseaux	
SIEA	Patrick Chaize	Président	09/11/2006
Tolosane informatique	Marc Quinton	Président du club	21/09/2006

Intégrateurs			
Free Hotspot	Joe Brunoli	Vice président de Hotspot Market Development chez Free Hot Spot	23/11/2006
Hot Café	David Taieb	Président Directeur Général	14/11/2006
Divers			
Cofiroute	Vincent Guillon	Vice-Président Télécom	20/09/2006
FON France	Jean-Bernard Magescas William Quiviger	Président Directeur Général	26/09/2006
SNCF IG/TL	M.Chantriaux M. Gounelle	Directeur du département telecom Chef du service déploiement réseau	07/11/2006
Entretiens Etats-Unis			
Muniwireless	Esme Vos		11/12/2006
City of Corpus Christi (Tx)	Leonard Scott, Business unit Manager	Division Systèmes d'Information Municipaux	23/11/2006
City of Saint-Cloud (Fl)	Jonathan Baltuch	Directeur MRI, société de conseil	01/12/2006