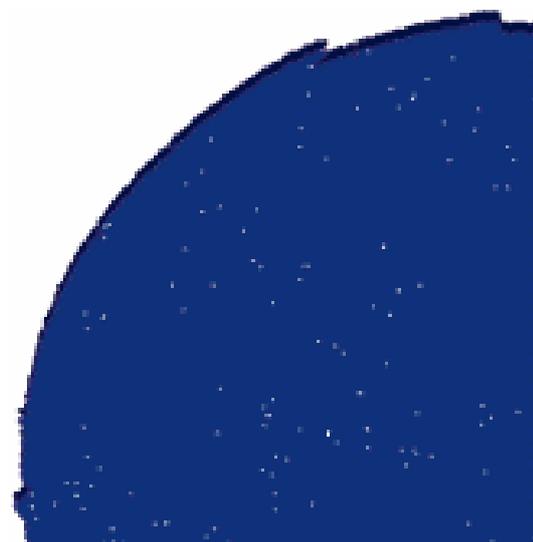


ETUDE

Décembre 2006

Marchés du WiFi en France et potentiel des réseaux maillés

*Résumé de l'étude 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	4
1. Introduction	4
1.1. D'un standard de réseau local d'entreprise à des services d'opérateurs	4
1.2. Le cadre du régime expérimental WiFi en France	5
1.3. Objectifs de l'étude	5
2. Les marchés de services WiFi en France en 2006	6
2.1. En 2006, 37 000 Hot Spots payants, dont 3 600 Hot Spots d'opérateurs	6
2.2. En 2006, des recettes de 18 M€ pour les Hot Spots en France, avec un cœur de marché dans les hôtels.....	7
2.3. Le WiFi offert : un phénomène encore marginal.....	8
2.4. Le WiFi en zone rurale :	10
2.5. De nouveaux usages du WiFi stimulés, dans la sphère domestique, par la forte pénétration de l'ADSL	10
2.6. Conclusion sur le marché WiFi en France.....	12
3. Perspectives du WiFi	12
3.1. Evolutions fonctionnelles et industrielles de la norme	12
3.2. Nouvelles dimensions pour le WiFi : les défis.....	13
3.3. Le WiFi au cœur de la convergence fixe-mobile	13
3.4. Points forts et points faibles du WiFi en tant que technologie de réseaux publics	14
3.5. Conclusion sur les perspectives.....	15
4. Potentiel des réseaux maillés	16
4.1. Les réseaux maillés aux Etats Unis : retour d'expériences.....	16
4.2. Les réseaux maillés en France	18
4.3. Conclusion sur le WiFi maillé.....	20
5. Conclusion	20

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 télémétrie, 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.