

# METHODES DE CALCUL DU PRIX DE RESERVE D'UN BLOC DE 50 MHZ POUR EXPLOITER ET ETABLIR LA 5G MOBILE DANS LA BANDE 3.7 GHZ A MADAGASCAR

*Randriamitantsoa P.A.<sup>1</sup>, Rakotonirina H.B.<sup>2</sup>, Randriana N.H.E<sup>2</sup>, Randriamiadana Z.A.<sup>2</sup>*

*Rakotomananjara D.F.<sup>2</sup>, Baovola M. A.<sup>2</sup>, Ramasondrano A.<sup>2</sup>, Rabevahiny L.B.<sup>2</sup>*

Laboratoire de Recherche en Télécommunication, Automatique, Signal et Images (LR-TASI)

Ecole Doctorale en Sciences et Techniques de l'Ingénierie et de l'Innovation (ED – STII)

<sup>1</sup>*rpauguste@gmail.com*, <sup>2</sup>*dao.rakotonirina@gmail.com*, <sup>2</sup>*Erica\_mada@hotmail.com*,

<sup>2</sup>*aarlovah@yahoo.fr*, <sup>2</sup>*davidfitiana76@gmail.com*, <sup>2</sup>*marieannabvl@gmail.com*,

<sup>2</sup>*ram.imanja@gmail.com*, <sup>2</sup>*vahiny1@yahoo.fr*

## Résumé

La 5G mobile à Madagascar utilise la bande de 3.7 GHz (3.6GHz-3.8GHz). Notre but dans cet article est de proposer un prix de réserve pour le bloc de 50 MHz dans cette bande de fréquence. Pour arriver à cette fin, nous avons utilisé quatre méthodes de calcul et pour déterminer le prix final, nous avons fait la moyenne des prix obtenus à partir de ces méthodes.

D'après nos calculs, le prix de réserve d'un bloc de 50 MHz pour le cas de Madagascar est de 48 500 000 euros.

**Mots clés :** *3.7 GHz, 50 MHz, 5G mobile, Licence, Bande fréquence, Madagascar*

## Abstract

The 5G mobile in Madagascar uses the 3.7 GHz (3.6 GHz-3.8 GHz) band. Our aim in this article is to propose a reserve price for the 50 MHz blocks in this frequency band. To achieve this end, we used four calculation methods and we calculated the average of

the total prices obtained from to determine the final reserve price.

According to our calculations, the reserve price for the 50 MHz block in the case of Madagascar is 48,500,000 euros.

**Key words:** *3.7GHz, 50MHz, 5G mobile, License, Frequency Band, Madagascar*

## 1. Introduction

Contrairement à la 4G mobile actuelle, la 5G mobile permet des connexions plus fiables avec des vitesses de transmission plus rapide, des temps de latence plus courts, une plus longue autonomie des terminaux mobiles et une segmentation du réseau en fonction de l'application. Ces propriétés ouvrent la voie à de nouvelles possibilités d'innovation pour les services de télécommunication mobiles. La 5G mobile à Madagascar repose sur la bande de 3.7 GHz (3.6-3.8 GHz). Dans cet article, nous allons calculer le prix de réserve pour un bloc de 50 MHz dans cette bande de fréquences.

## 2. Calcul du prix de réserve d'un bloc de 50 MHz à Madagascar

### Définition 1 :

On définit par la bande de fréquences de 3.7 GHz l'intervalle de fréquences comprise entre 3.6 GHz et 3.8 GHz.

Le tableau 1 représente l'attribution d'intervalle de fréquence comprise entre 3.4 à 3.8 GHz à Madagascar.

**Tableau 1 :** Attribution de la bande de 3.4 à 3.8 GHz à Madagascar

Fréquences	Attribution à Madagascar
3.4 à 3.6 GHz	Attribué aux ambassades et à la navigation aérienne
3.6 à 3.8 GHz	Bande mise en enchère pour le déploiement de la 5G mobile

A Madagascar nous prévoyons de subdiviser les blocs de 200MHz dans la bande de fréquence 3.7 GHz en :

- 3 blocs de 50 MHz
- 5 blocs de 10 MHz

Le bloc de 50 MHz a été attribué afin d'atteindre les objectifs fixés pour les trois grands domaines d'application suivants :

- **mMTC (Massive Machine Type Communications) :** C'est la communication entre une grande quantité d'objets avec des besoins de qualité de

service variés, notamment l'Internet des objets (IoT), le suivi des ressources, l'agriculture intelligente, les villes intelligentes, le suivi énergétique, les maisons intelligentes et la surveillance à distance.

- **eMBB (Enhanced Mobile Broadband) :** c'est la connexion en ultra haut débit à l'extérieur des bâtiments et à l'intérieur des bâtiments avec uniformité de la qualité de service, même en bordure de cellule.
- **uRLLC (Ultra-reliable and Low Latency Communications) :** c'est la communication ultra-fiables pour les besoins critiques avec une très faible latence, regroupant toutes les applications nécessitant un temps de latence faible et une haute fiabilité notamment la télémédecine et les voitures autonomes.

Il existe plusieurs méthodes de calcul de prix de réserve de bloc de fréquences. Nous citons les méthodes suivantes :

- **Modèle 1 :** Modèle de calcul et de paiement des droits et redevances [1]
- **Modèle 2 :** Modèle de régulation ParisTech [2]
- **Modèle 3 :** Modèle tarifaire de l'UIT [3]
- **Modèle 4 :** Modèle de parangonnage [4]
- **Modèle 5 :** Modèle d'ARCEP [5]
- **Modèle 6 :** Modèle CRTC du Canada [6]

- **Modèle 7** : Modèle de l'IRL de Luxembourg [7]
- **Modèle 8** : Modèle de Rguigue [8]
- **Modèle 9** : Modèle de GSMA [9]
- **Modèle 10** : Modèle de l'OCDE [10]
- **Modèle 11** : Modèle de Karamti [11]
- **Modèle 12** : Modèle de Touré [12]
- **Modèle 13** : Modèle de Diop [13]

Pour déterminer le prix de réserve d'un bloc de fréquences de 50 MHz à Madagascar, nous avons utilisé les 4 modèles suivants :

- **Modèle 1** : Modèle de calcul et de paiement des droits et redevances
- **Modèle 2** : Modèle de régulation ParisTech
- **Modèle 3** : Modèle tarifaire de l'UIT
- **Modèle 4** : Modèle parangonnage

### 2.1 *Modèle de calcul et de paiement des droits et redevances* [1]

En application de l'arrêté N° 8235/99 du 20 Août 1999, définissant les modes de calcul et de paiement des droits et de redevances relatives à l'utilisation des fréquences et des bandes de fréquences ainsi que des appareils radioélectriques par le Ministère des Postes et Télécommunications, le prix de réserve d'un bloc de fréquences de 50 MHz est défini par la formule 1 :

$$C_{l1} = R_{cm} + M_{Tf} + D_u \quad (1)$$

Avec  $C_{l1}$  : Coût de la licence

$R_{cm}$  : Redevance contrôle matériel

$D_u$  : Droit d'utilisation de la fréquence

$M_{Tf}$  : Montant total des redevances de fréquences et de bandes de fréquences.

### **Etape 1 : Calcul du droit d'utilisation de la fréquence $D_u$ [1]**

Le droit d'usage de liaison est calculé annuellement pour chaque liaison en fonction de sa longueur, du nombre de voies de cette liaison ainsi que du nombre de stations terminales et de stations relais terminaux. Le tableau 2 illustre le débit numérique en fonction du droit d'usage selon l'arrêté. A Madagascar, pour la transmission de données le droit d'usage est fixé par le tableau 2, avec 1 Unité de Compte (UC) est égal à 100Ar [1].

**Tableau 2 : Débit numérique en fonction du droit d'usage [1]**

Débit numérique (DN)	Droit d'usage
DN < 19,2 Kbits/s	240 UC
19,2 Kbits/s < DN < 64 Kbits/s	1 500 UC
64 Kbits < DN < 512 Kbits/s	12 000 UC
512 Kbits/s < DN < 1 Mbits/s	25 500 UC
1 Mbits/s < DN < 2 Mbits/s	51 000 UC
2 x N Mbits/s	N x 51 000 UC

Concernant le calcul du droit d'utilisation  $D_u$ , dans le cas de la 5G mobile, nous prenons comme Débit Numérique (DN) la

valeur théorique qui est environ égale à 10 Gbps. Donc,  $N= 5000$ .

En exploitant le tableau 2, le droit d’usage  $D_u$  est égal :

$$D_u = N \times 51\,000\ UC \quad (2)$$

$$D_u = 5\,666\,667\ \text{€}$$

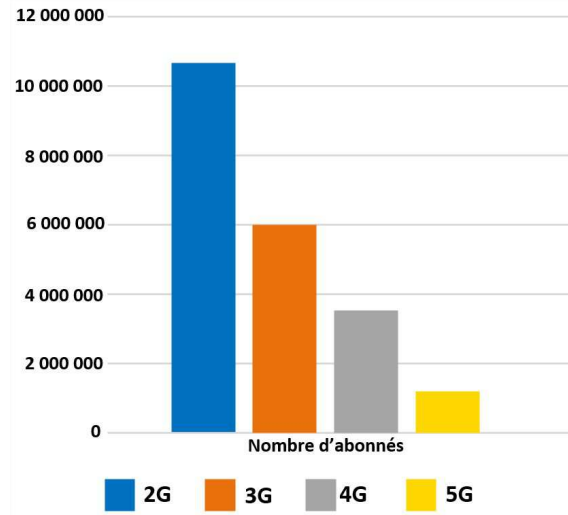
**Étape 2 : Calcul de la Redevance contrôle matériel  $R_{cm}$**

Elle est calculée annuellement pour tout émetteur ou émetteur-récepteur exploité. Elle est calculée en fonction du nombre et de la puissance nominale des émetteurs ou émetteurs-récepteurs.

**Tableau 3 : Redevances de contrôles en fonction des catégories de fréquences [1]**

Catégorie	Redevances de contrôle
HF inférieur à 1KW	150 UC/poste/an
HF supérieur à 1KW	400 UC/poste/an
VHF/UHF/SHF/EHF	100 UC/poste/an

Le nombre estimatif d’abonnés à la 5G mobile à Madagascar est de 1 500 000 pendant la durée des autorisations d'utilisation de 15 ans, à partir de 2021. Ce chiffre est obtenu par la prise en compte de tous les facteurs tels que le besoin en débit de chaque utilisateur, qui compte en tout 10 millions d’abonnés. La figure ci-dessous représente cette estimation :



**Figure 1 : Nombre d'abonnés suivant les différents types de réseaux [1]**

Comme la bande de fréquences 3,7 GHz se trouve parmi les bandes de fréquences SHF, nous pouvons déduire le calcul suivant :

$$R_{cm} = 50\,000\,000\ \text{€} \quad (3)$$

**Étape 3 : Calcul du montant total des redevances de fréquences et de bandes de fréquences  $M_{Tf}$**

Il est calculé annuellement en fonction du nombre et du type de fréquences ou de la largeur totale de bandes de fréquences assignées. [1]

Le montant total des redevances de fréquences et de bandes de fréquences est égal à la somme des fréquences, des couples de fréquences  $F_q$  et du nombre de fréquences pour les autres supports de transmission multipliée par la redevance de fréquence. Ce montant total est défini par [1] :

$$M_{Tf} = \sum (F_i + F_q + N_f) \times R_f \quad (4)$$

Avec  $F_i$ : Nombre de fréquence dans la bande considérée

$F_q$  : Nombre de couple de fréquences

$N_f$ : Nombre de fréquences utilisés par les autres supports

$R_f$  : Redevance de fréquence, elle est définie par le tableau 4:

**Tableau 4 :** La redevance de fréquences en fonction du Type de fréquences [1]

Type de fréquences	Redevances de fréquences
HF	400 UC
VHF/UHF/SHF/EHF	500 UC

Comme la 5G mobile utilise la bande SHF, pour notre cas la redevance de fréquences est égale à 500 UC.

En travaillant dans le bloc de 50 MHz, le montant total des redevances de fréquences est donné par :

$$M_{Tf} = 556 \text{ €} \quad (5)$$

En utilisant l'équation (1) et en exploitant les données précédentes, le prix de réserve d'un bloc de 50 MHz dans la bande de fréquences 3.7 GHz est égal à [1] :

$$C_{l1} = R_{cm} + M_{Tf} + D_u \quad (6)$$

$$C_{l1} = 55\,667\,223 \text{ €}$$

## 2.2 Méthode de calcul de la régulation de Josas ParisTech [2]

La deuxième méthode est basée sur le modèle de calcul de la régulation ParisTech, le coût de la licence a pour expression :

$$C_{l2} = \frac{C_{um} \cdot N_p \cdot D \cdot T_c}{E(\beta)} \quad (7)$$

Avec :

$C_{l2}$ : Coût de la licence 5G mobile d'après le modèle ParisTech

$C_{um}$ : Cout Unitaire Moyen de licence

$N_p$ : Nombre de population

$D$  : Durée de la licence

$T_c$ : Taux de Change

$\beta$  : Paramètre de proportion entre le prix de la licence pour la 4G mobile et celui de la 5G mobile.

$E(\beta)$  : La valeur moyenne de  $\beta$

### Etape 1 : Calcul du Cout Unitaire Moyen de licence $C_{um}$ [2]

Pour trouver le Cout Unitaire Moyen de licence ( $C_{um}$ ) nous allons exploiter les données de plusieurs pays ici en Afrique et calculer la moyenne. Le tableau 5 nous montre ces données et on en déduit que le coût unitaire moyen de licence en télécommunication en Afrique  $C_{um}$  est égal : [2]

$$C_{um} = 0,57625$$

**Tableau 5 : Calcul du coût unitaire moyen de licence [2]**

Pays (opérateur)	Population (millions)	Année	Montant en million de la monnaie locale	Durée de la licence (an)	$C_{um}$ (Prix équivalent en dollar PPA/hab/an)
Ghana(Vodafone, BLUSurflin)	25,75	2014	35,30	15	0,06
Maroc(IAM)	33,96	2015	1000	20	0,29
Maroc(INWI)	33,96	2015	500	20	0,14
Maroc(Meditel)	33,96	2015	500	20	0,14
Tunisie(Oore doo)	11,25	2016	160	15	1,28
Tunisie(Orange)	11,25	2016	156	15	1,25
Tunisie(Tunisie Télécom)	11,25	2016	155	15	1,24
Kenya(Safaricom)	45	2014	7 555	15	0,21
COUT UNITAIRE MOYEN DE LICENCE 4G EN AFRIQUE ( $C_{um}$ )=					<b>0,57625</b>

**Etape 2 : Calcul  $\beta$  [2]**

La valeur de  $\beta$  représente le rapport entre le prix de la licence 4G mobile et celui de la licence 5G mobile. Nous l'avons calculé pour quelques pays (Voir tableau 6) puis nous avons fait la moyenne des valeurs obtenues pour trouver  $E(\beta)$ . Après calcul, nous avons vu que  $E(\beta)$  est égal à 0,9. [2]

**Tableau 6 : Comparaison de prix par pays [2]**

Pays	Prix total de la 4G mobile	Prix total de la 5G mobile	$\beta$
France	2,5 Millions d'euros	2,17 Millions d'euros	1,15
Angleterre	6 Millions d'euros	8 Millions d'euros	0,75
Suisse	997 Millions d'euros	1,4 Milliard d'euros	0,7
$E(\beta)$			0,9



Le tableau 7 résume les paramètres utilisés dans le calcul du coût de la licence pour la 5G mobile.

**Tableau 7 : Résumé des paramètres [2]**

$C_{um}$	0,5763
<b>Nombre de population</b>	25 109 594
<b>Durée Licence (An)</b>	15
<b>Taux de change PPA /Ar</b>	1 064
<b>Taux Euro/Ar (2020)</b>	4 500 Ar
$E(\beta)$	0,9

En utilisant l'équation (7), on a :

$$C_{l2} = 49\,963\,075 \text{ €} \quad (8)$$

### 2.3 Méthode de calcul de l'IUT [3]

Le prix du spectre peut être établi à partir d'un certain nombre d'éléments distincts fondés sur un ensemble de critères ou sur seulement quelques-uns d'entre eux. Ces critères sont par exemple la quantité de spectre utilisée, le nombre de voies ou de liaisons utilisées, le degré d'encombrement, l'efficacité des équipements radioélectriques, la puissance de l'émetteur et la zone de couverture, l'emplacement géographique, etc. Le principe fondamental de cette méthode consiste à définir différents paramètres techniques permettant de mesurer la quantité de spectre utilisée ou de définir la « zone de pollution » d'un système radioélectrique en vue de constituer une base commune pour établir les redevances. [3]

Le modèle universel est donné par :

$$C_{l3} = \frac{V}{M} \times \frac{K_f K_s}{K_m} \times C_s \times K_p \quad (9)$$

Avec  $C_{l3}$ : représente le prix de la licence d'après la méthode de l'UIT

$V$ : représente le volume d'espace ou zone géométrique occupés

$K_f$ : représente le coefficient tenant compte des caractéristiques particulières de la gamme de fréquences utilisée

$K_s$ : représente le coefficient tenant compte de la région ou de l'emplacement de la station Radioélectrique

$K_m$ : représente le coefficient tenant compte des avantages sociaux du système radioélectrique

$C_s$ : représente le coût annuel de gestion du spectre

$K_p$ : représente le coefficient tenant compte du niveau de la demande d'accès au spectre dans la bande considérée.

$M$ : Le nombre d'abonnés

Pour le cas de Madagascar, les données que nous allons utiliser sont les suivants :

$V$ : 587 041 km<sup>2</sup>

$M$ : 1 500 000 Abonnés

$K_f$ : 0.6

$K_s$ : 0.4

$K_m$ : 0.2

$C_s$ : 107 317 886 Euros

$K_p$ : 0.83

Alors, on a :

$$C_{l3} = 41\,831\,999,41\text{€} \quad (10)$$

## 2.4 Méthode de Parangonnage

*Définition 2 :*

Le parangonnage est défini par l'étude du prix de la bande de fréquences attribuée pour des services mobiles dans d'autres pays. [4]

Nous avons considéré deux pays le Maroc avec comme prix de réserve pour un bloc de 50 MHz à 60 948 744€ et l'Egypte à 92 994 500€. [4]

Pour transposer ces prix de fréquences pour le cas de Madagascar, on effectue :

- Une moyenne arithmétique
- Puis, on multiplie par un facteur  $\alpha$ .

A savoir que la facteur  $\alpha$  dépend du :

- Nombre d'abonné,
- PIB et
- Niveau de développement du pays.

Ce facteur prend une valeur comprise entre  $0 \leq \alpha \leq 1$

Pour le cas de Madagascar, nous avons pris  $\alpha = 0.6$  [4],[14].

$$C_{l4} = \frac{\alpha}{n} \sum_{i=1}^n R_{DT_i} \quad (11)$$

Avec :  $C_{l4}$ : Le prix de réserve d'un bloc de fréquences de 50 MHz pour le cas de Madagascar en utilisant la méthode du parangonnage.

$n$  : Le nombre de pays à prendre en compte pour le parangonnage.

$R_{DT_i}$  : Le prix de réserve dans le pays  $i$ .

$\alpha$  : facteur dépendant de l'économie et du nombre d'abonné d'un pays.

Pour les deux pays africains retenus, c'est-à-dire  $n = 2$ , nous avons :

$$C_{l4} = 46\,182\,973,2\text{€} \quad (12)$$

## 2.5 Proposition d'un prix de réserve d'un bloc de fréquences de 50 MHz pour Madagascar

Les 4 méthodes développées ci-dessus ont permis de déterminer les prix suivants :

- Modèle 1 :  $C_{l1} = 55\,667\,223\text{€}$
- Modèle 2 :  $C_{l2} = 49\,963\,075\text{€}$
- Modèle 3 :  $C_{l3} = 41\,831\,999,41\text{€}$
- Modèle 4 :  $C_{l4} = 46\,182\,973,2\text{€}$

Par définition, le prix de réserve d'un bloc de fréquences de 50 MHz est la moyenne des  $n$  méthodes de calcul :



$$C_{TL} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{li}}{n} \quad (13)$$

Avec :  $C_{li}$  les prix de réserve obtenu avec les méthodes de calcul.

$C_{TL}$  : Prix de réserve final du bloc de fréquences 50 MHz.

Pour le cas de Madagascar, la moyenne des résultats des quatre modèles précédents donne l'expression ci-dessous :

$$C_{TL} = \frac{\sum_{i=1}^4 C_{li}}{4} \quad (14)$$

$$C_{TL} = 48\,411\,317.65 \text{ €}$$

$$C_{TL} \approx \mathbf{48\,500\,000 \text{ €}}$$

Le prix de réserve final du bloc de fréquences de 50 MHz pour Madagascar est égal à **48 500 000 €**.

Le tableau 8 nous montre les prix de la licence d'un bloc de fréquences de 50 MHz dans quelques pays d'Europe, d'Asie et d'Afrique.

**Tableau 8 : Prix récapitulatif de la licence d'un bloc de fréquences de 50 MHz [16]**

Pays	Prix d'un bloc de 50MHz
Italie	1 000 000 000 €
Allemagne	779 000 000 €
Royaume Unis	380 000 000 €
France	350 000 000 €
Hong Kong	277 000 000 €
Latvia	250 000 000 €
Luxembourg	150 000 000 €
Finlande	121 000 000 €
Espagne	107 400 000 €
Egypte	92 994 500 €
Maroc	60 948 744 €
Madagascar	48 500 000 €

### 3. Conclusion

D'après notre calcul, le prix de réserve pour l'attribution d'un bloc de fréquences de 50 MHz à Madagascar est de 48.5 Millions d'Euros.

Par le concept « des enchères » avec engagement pour fixer le prix du bloc de fréquences de 50 MHz, il s'agit pour le régulateur, de mettre les opérateurs titulaires de licence en téléphonie 5G mobile en situation d'assumer entièrement leurs responsabilités. L'idée est que celui qui offrira le meilleur prix est celui dont on peut penser que le projet 5G mobile est le mieux construit.

Ce concept, simple dans son principe, a été théorisé et mis en œuvre de manière de plus en plus fréquente au début des années 2000 dans plusieurs pays d'Amérique, d'Europe et d'Asie. Il devient même un événement de société à l'occasion du choix des opérateurs titulaires de licence mobiles de par les montants financiers extravagants proposés lors de la compétition [17].

### 4. Références

- [1] Arrêté N° 8235/99 du 20 Août 1999, « *Définissant les modes de calcul et de paiement des droits et redevances relatifs à l'utilisation des fréquences et des bandes de fréquences ainsi que des appareils radioélectriques* », Ministère des Postes et des Télécommunications, Repoblikan'i Madagasikara.
- [2] J.A. Rojas Rojas, « *Développement d'avantages concurrentiels dans les marches des communications électroniques en Amérique*

*du sud: les CAS de l'Argentine, du Brésil et du Chili* », These de doctorat en science économique, Unité d'Economie Appliquée – ParisTech - ENSTA, Ecole Doctorale EPS, Université Paris I Pantheon Sorbone, 18 janvier 2018.

[3] COSITU, « *Le modèle de l'UIT pour le calcul des coûts, tarifs et taxes d'interconnexion relatifs au service téléphonique* », ITU, 2014.

[4] ARCEP, « *Modalités et conditions d'attribution des fréquences dans la « bande cœur » de la 5G (3,4 – 3,8 GHz)* », République Française, Septembre 2020.

[5] ARCEP, « *Décision n° 2020-1254 de l'ARCEP en date du 12 novembre 2020 autorisant la société Bouygues Telecom à utiliser des fréquences dans la bande 3,4 - 3,8 GHz en France métropolitaine pour établir et exploiter un réseau radioélectrique mobile ouvert au public* », République Française, 2020.

[6] H. Intven, M. C. Tétrault, « *Vue d'ensemble de la réglementation des télécommunications* », Gouvernement du Canada, Conseil de la Radiodiffusion et des Télécommunications Canadiennes, 2000.

[7] Service des médias, des communications et du numérique, « *Enchères en vue de l'octroi des fréquences destinées à la 5G : détail du montant des redevances* », Institut de Régulation Luxembourgeois, 2020.

[8] G. Vincent, « *Evaluation des projets et estimation des coûts* », LAMSADE-Université Paris-Dauphine, 2010.

[9] GSMA, « *Réformer la fiscalité de la téléphonie mobile à Madagascar* », Ernst et Young Global Limited, Mars 2019.

[10] OCDE, « *La tarification de l'accès dans le secteur des télécommunications* », Les Editions de l'OCDE, 2004.

[11] C. Karamti, « *Indices de prix pour les services de la téléphonie mobile en France : Application de la méthode des prix Hédoniques* », Institut des Sciences et Technologies ParisTech, 9 mars 2007.

[12] P.G. Touré, « *Calculer le coût de revient des services* », TactiKom, Genève, 2016.

[13] S. Diop, « *Vers une rationalisation de la méthode de détermination du prix* », Licences Télécoms Afrique, Microeconomix, 2015.

[14] Commission des participations et des transferts, « *Avis n° 2019 - A. – 8 relatifs à l'évaluation de lots de fréquences hertziennes dans la bande de 3,4-3,8 GHz* », République Française, 22 novembre 2019.

[15] ARCEP, « *Avis n° 2019 1851 sur le projet d'arrêté permettant le lancement de la procédure d'attribution de la bande 3,4 3,8 GHz en métropole* », République Française, 17 Décembre 2019.

[16] « *Les premiers terminaux 5G devraient arriver l'année prochaine* », Le Quotidien du People, 24 Avril 2018.

[17] J.M. Chaduc, « *La gestion des fréquences* », Hermes Science-Lavoisier, 2005.