

Projet de Sciences des Données  
Exploitation d'images satellites haute-résolution  
pour la prévision d'indicateurs socio-économiques

YOUSSEF - KACER

20 Octobre 2016



# Table des matières

<b>Introduction</b>	i
<b>1 Calcul de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI)</b>	1
<b>2 Evolution du NDVI au cours d'une année</b>	7
2.1 Pour une commune urbaine (Paris) . . . . .	7
2.2 Pour une commune plaine (Fontainebleau) . . . . .	9
2.3 Pour une commune montagneuse (Annecy) . . . . .	11
2.4 Pour une commune littorale (Agde) . . . . .	13
<b>3 Evolution du NDVI en fonction de la densité de population</b>	17



# Introduction

Dans ce document, nous présentons le calcul d'indice végétale par différence normalisée (*NDVI*) lié à une zone géographique. Il est censé renseigner sur la présence de végétaux : on pense pouvoir utiliser par la suite un tel indicateur afin de prédire et quantifier la densité de population.



# Chapitre 1

## Calcul de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI)

Cet indice est calculé à partir des canaux rouge ( $R$ ) et proche-infrarouge ( $PIR$ ) via la formule :

$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R}$$

Typiquement, l'eau, la neige et les nuages refléchissent plus dans le rouge que dans le proche-infrarouge, soit un  $NDVI$  négatif

Les sols nus réfléchissent tout autant dans les deux bandes d'où un  $NDVI$  nul

En revanche, les sols revêtus de végétaux refléchissent bien plus dans le proche infra-rouge, ce qui donne un  $NDVI$  positif, et d'autant plus positif que la végétation est dense.

Afin de calculer un tel indice sur les images *Landsat-8*, nous utilisons les bandes géoréférencées 4 et 5 qui jouent respectivement les rôles du rouge ( $0.85\text{-}0.88nm$ ) et du proche-infrarouge ( $0.64\text{-}0.67nm$ ). La librairie *gdal* sur *python* nous permet d'effectuer l'opération de différence normalisée sur des rasters pour produire une image de  $NDVI$  géoréférencée (*GeoTIFF*).

La figure 1.1 montre un  $NDVI$  négatif au sud de la commune de Chamonix, ce qui correspond aux glaciers du *Mont-Blanc*

2CHAPITRE 1. CALCUL DE L'INDICE DE VÉGÉTATION PAR DIFFÉRENCE NORMALISÉE (NDVI)

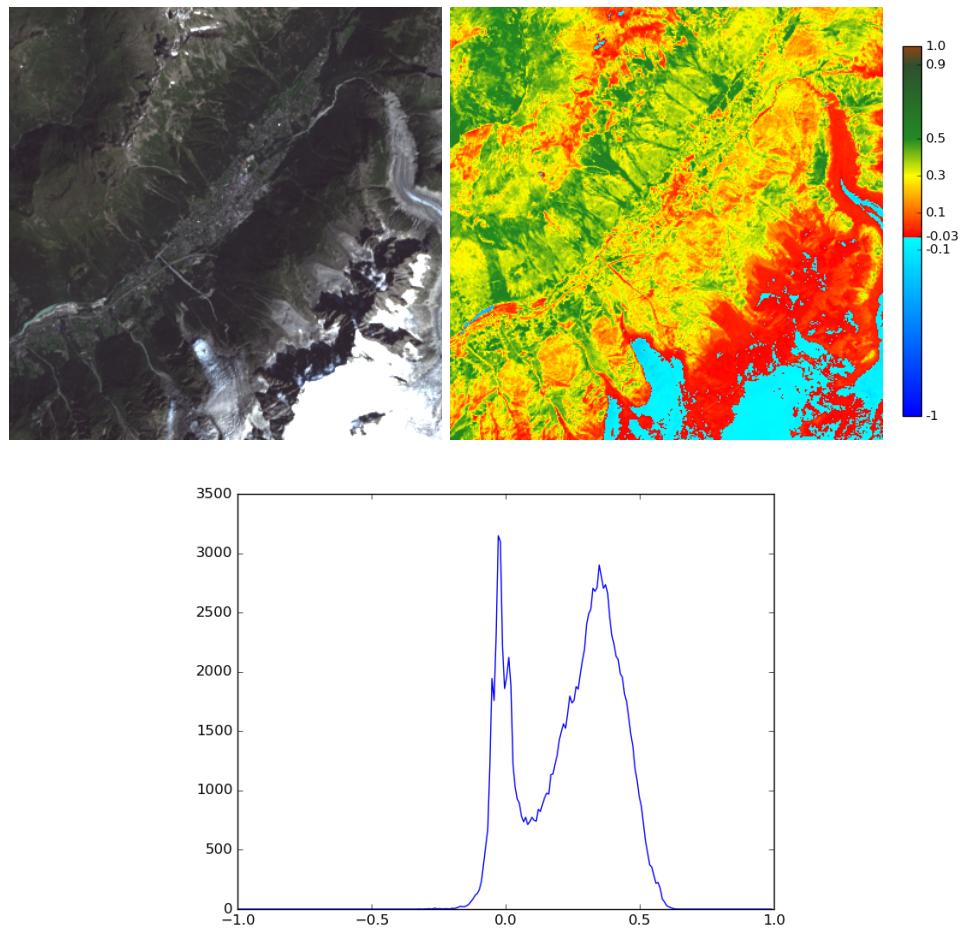


FIGURE 1.1 – Image couleur, image  $NDVI$  et histogramme de  $NDVI$  pour la commune de *Chamonix–Mont – Blanc* sur un périmètre de  $116\text{km}^2$  au mois d'*Aout*

La figure 1.2 montre un *NDVI* supérieur à 0.5 autour de la ville de Manaus au Brésil, ce qui correspond à la végétation dense de la forêt amazonienne. Le fleuve du *Rio Negro* apparaît lui en négatif.

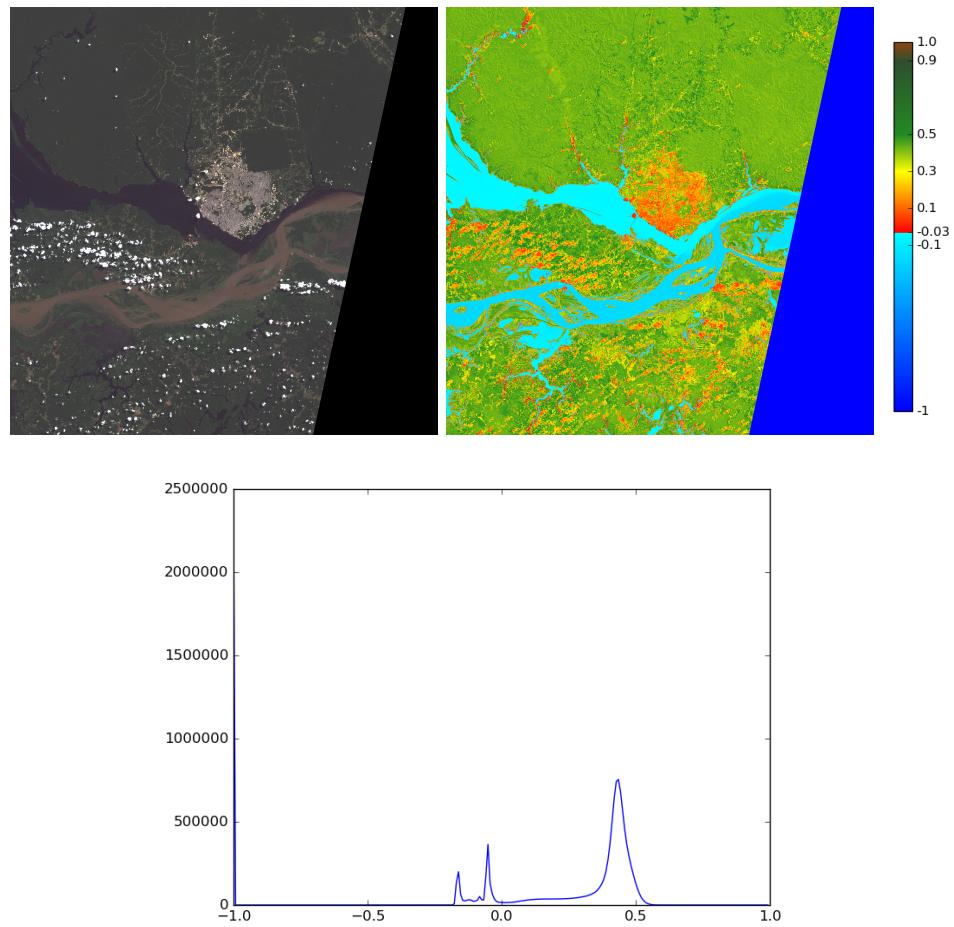


FIGURE 1.2 – Image couleur, image  $NDVI$  et histogramme de  $NDVI$  pour la ville de *Manaus* (Brésil) sur un périmètre de  $11000\text{km}^2$  au mois de *Juillet*

La figure 1.3 montre un *NDVI* quasi nulle donc sans végétation, comme on peut s'y attendre dans une commune urbaine telle que Paris en période hivernale.

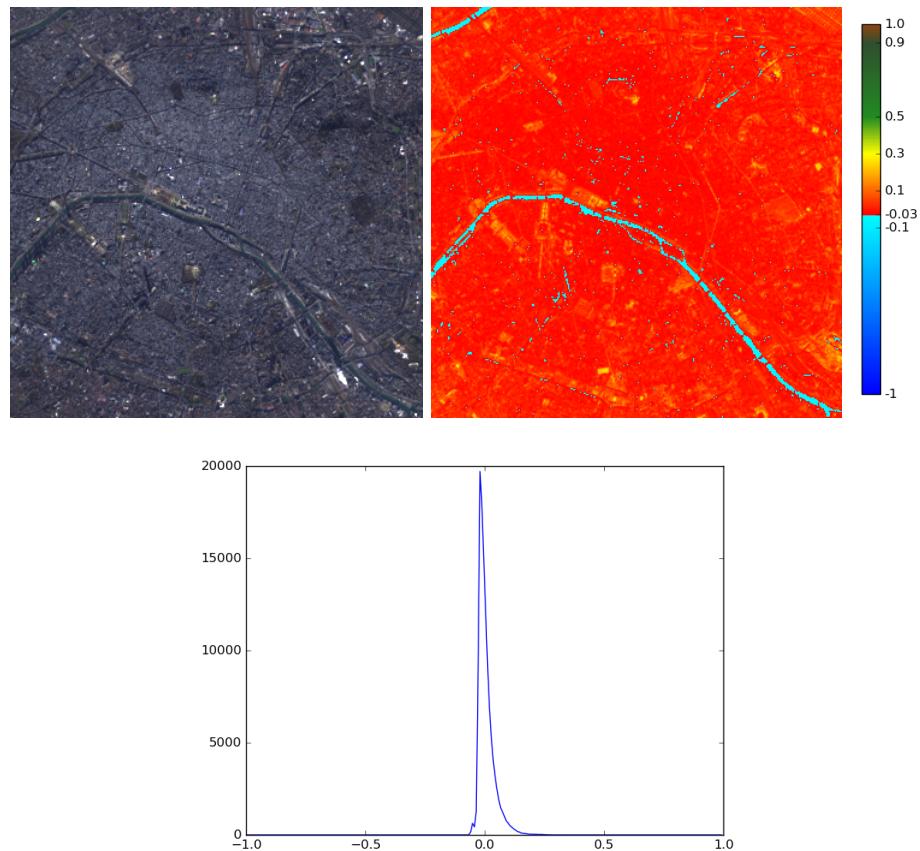


FIGURE 1.3 – Image couleur, image  $NDVI$  et histogramme de  $NDVI$  pour la ville de *Paris* sur un périmètre de  $105\text{km}^2$  au mois de *Décembre*

## Chapitre 2

# Evolution du NDVI au cours d'une année

Comme vu au chapitre précédent, la distribution du *NDVI* dépend beaucoup du relief paysager (végétaux, montagnes, eau). Ainsi, on peut légitimement se demander comment évolue cet indice en fonction des saisons.

Pour cela, nous allons étudier quatre types de communes selon leur paysage : urbain, plainier, montagneux, littoral.

### 2.1 Pour une commune urbaine (Paris)

La figure 2.1 montre l'évolution du *NDVI* sur 10 mois pour la ville de *Paris*. On note un étalement de la distribution dans les mois chauds dû à la vigueur des espaces verts à cette époque de l'année. Cependant, même s'il s'éloigne de 0, le mode principal demeure toujours à basse fréquence (0.05).

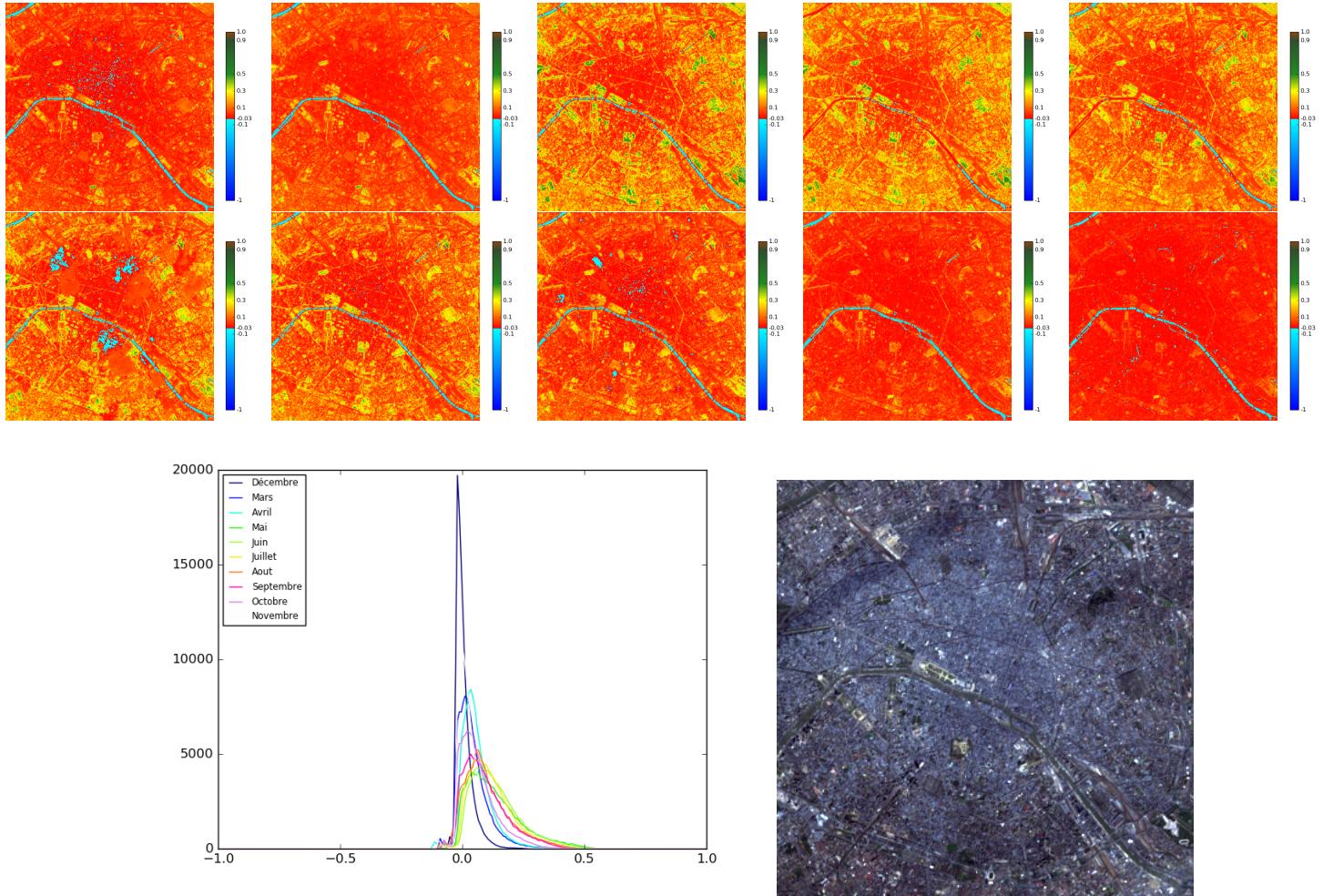


FIGURE 2.1 – De la gauche vers la droite sur la première ligne, évolution du *NDVI* entre *Mars* et *Juillet* pour la ville de *Paris* sur un périmètre de  $105\text{km}^2$ . De la gauche vers la droite sur la seconde ligne, évolution du *NDVI* entre *Aout* et *Décembre* pour la ville de *Paris* sur un périmètre de  $105\text{km}^2$ . En bas, superposition des histogrammes de *NDVI* pour les mois de *Mars* à *Décembre* et image couleur

## 2.2 Pour une commune plainière (Fontainebleau)

Pour une commune plainière comme *Fontainebleau* 2.2, l'étalement de la distribution est beaucoup plus franc et déplace même le mode principal vers les hautes fréquences (0.5).

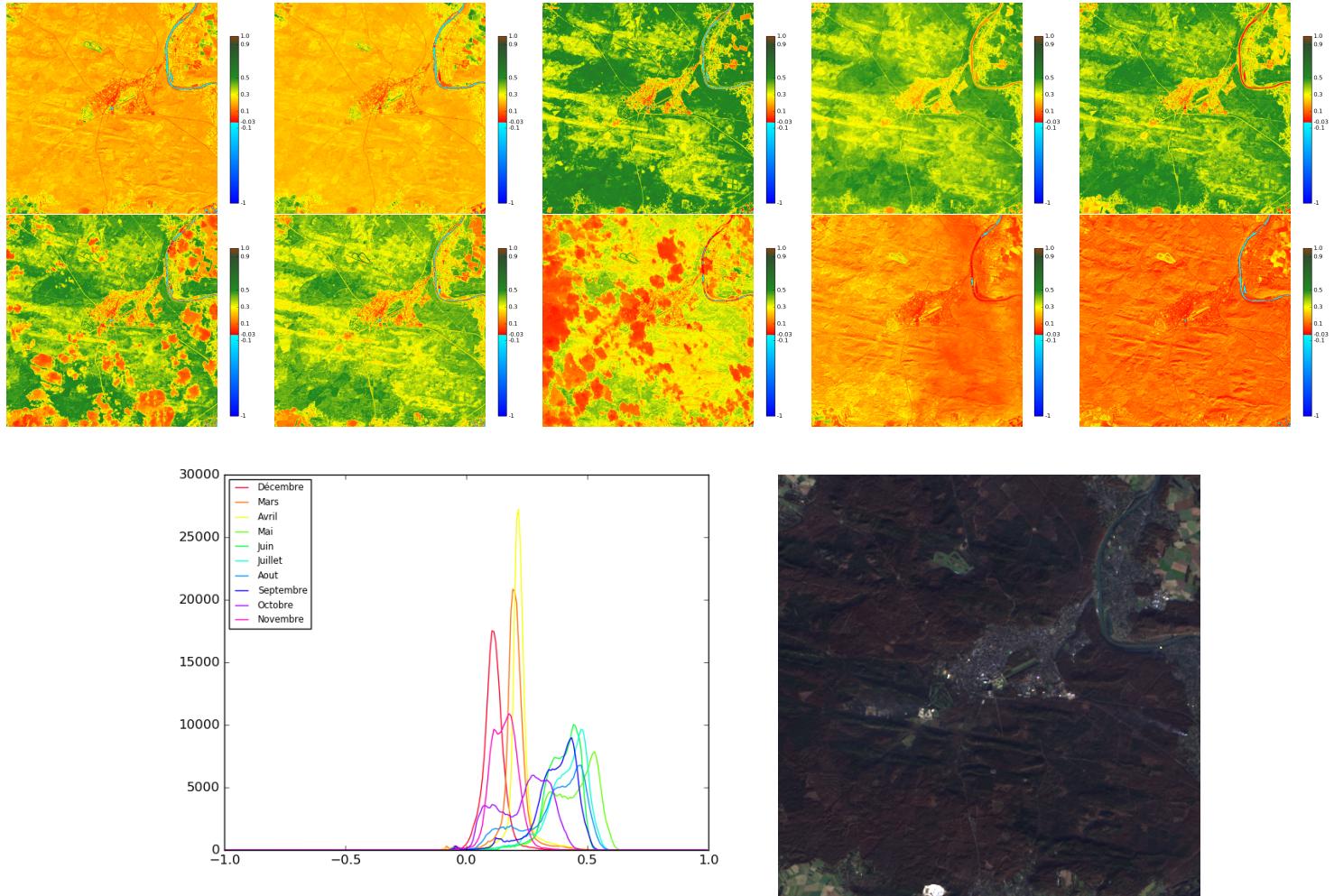


FIGURE 2.2 – De la gauche vers la droite sur la première ligne, évolution du *NDVI* entre *Mars* et *Juillet* pour la ville de *Fontainebleau* sur un périmètre de  $172\text{km}^2$ . De la gauche vers la droite sur la seconde ligne, évolution du *NDVI* entre *Aout* et *Décembre* pour la ville de *Fontainebleau* sur un périmètre de  $172\text{km}^2$ . En bas, supersposition des histogrammes de *NDVI* pour les mois de *Mars* à *Décembre* et image couleur.

## 2.3 Pour une commune montagneuse (Annecy)

Pour une commune montagneuse comme Annecy 2.3, le déplacement du mode principal en saison chaude se situe à une fréquence intermédiaire (0.2).

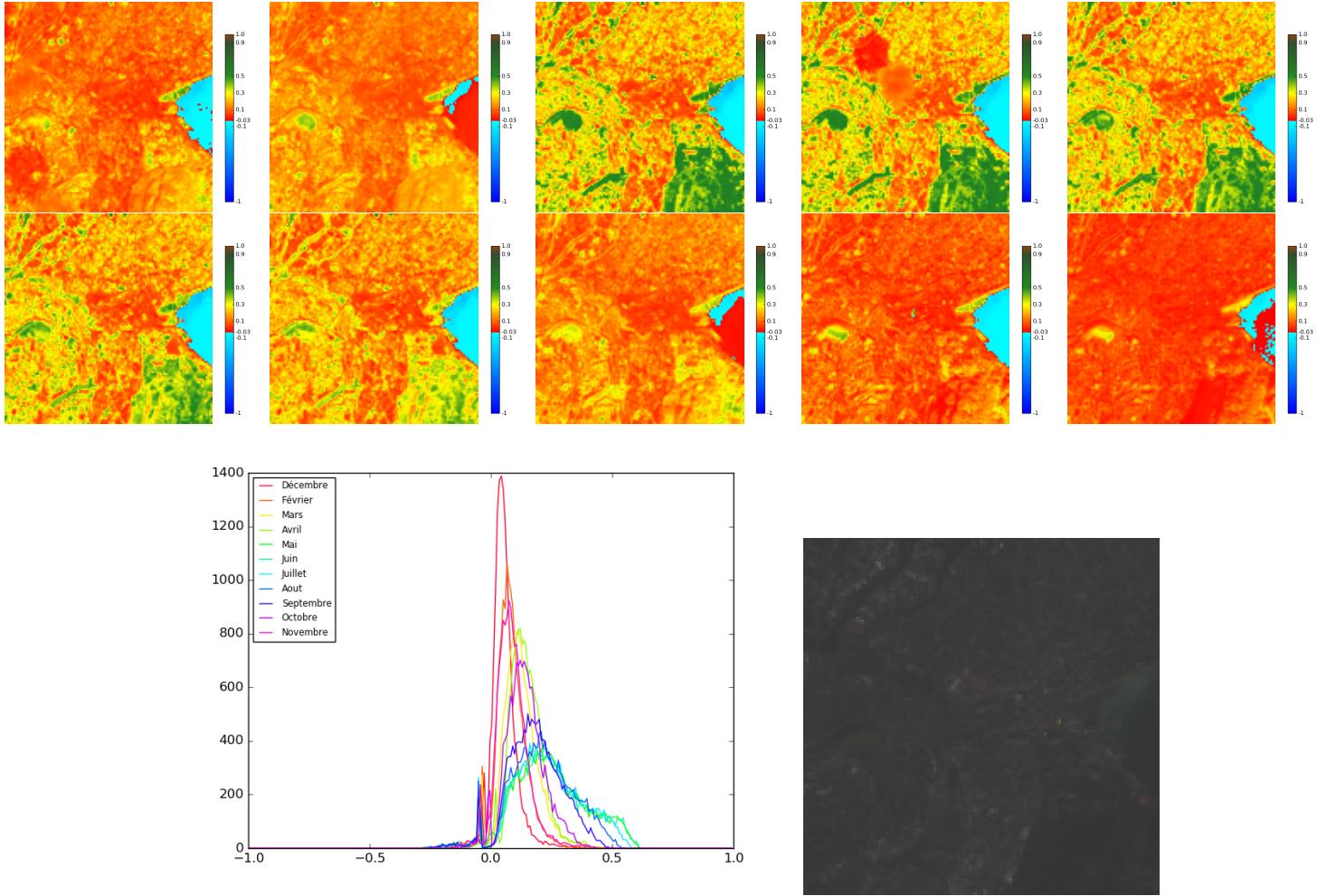


FIGURE 2.3 – De la gauche vers la droite sur la première ligne, évolution du *NDVI* entre *Mars* et *Juillet* pour la ville de *Annecy* sur un périmètre de  $13.65\text{km}^2$ . De la gauche vers la droite sur la seconde ligne, évolution du *NDVI* entre *Aout* et *Decembre* pour la ville de *Annecy* sur un périmètre de  $13.65\text{km}^2$ . En bas, supersposition des histogrammes de *NDVI* pour les mois de *Mars* à *Decembre* et image couleur.

## 2.4 Pour une commune littorale (Agde)

Pour une commune littorale comme Agde 2.4, le mode principal subit une variation très légère vers les hautes fréquences en saison chaude, mais reste globalement constant dans l'année autour de 0.25.

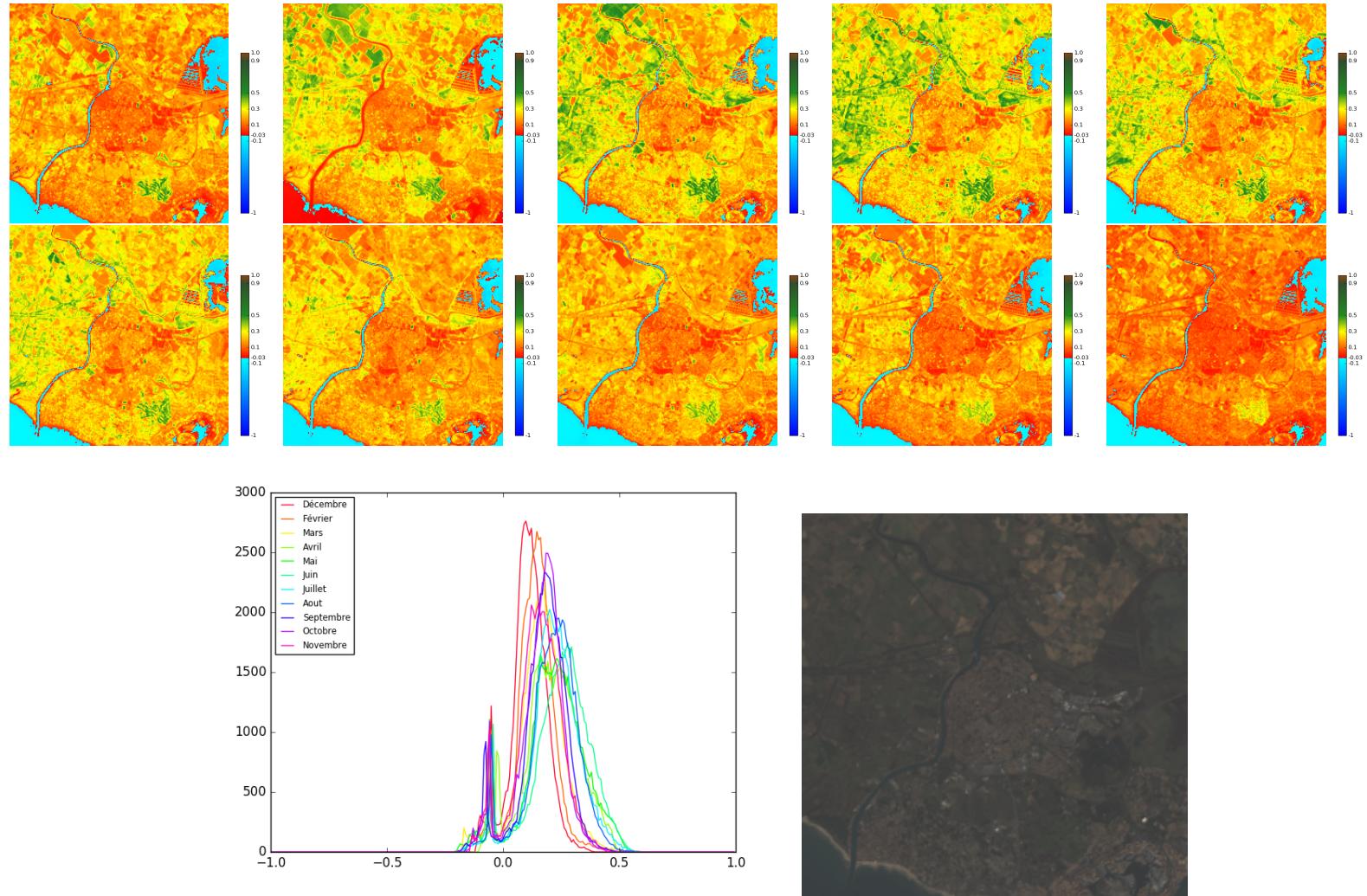


FIGURE 2.4 – De la gauche vers la droite sur la première ligne, évolution du *NDVI* entre *Mars* et *Juillet* pour la ville de *Adge* sur un périmètre de  $50.9\text{km}^2$ . De la gauche vers la droite sur la seconde ligne, évolution du *NDVI* entre *Aout* et *Décembre* pour la ville de *Adge* sur un périmètre de  $50.9\text{km}^2$ . En bas, supersposition des histogrammes de *NDVI* pour les mois de *Mars* à *Décembre* et image couleur

Ainsi, nous avons pu mettre en évidence divers comportements de l'indice en fonction des saisons et du paysage. On note que la distribution au mois de Juin-Juillet est très dispersée. En effet, la végétation des zones faiblement urbaines (litoral, plaine, montagne) n'est pas toujours visible en dehors de la période estivale, hors c'est la végétation qui doit pouvoir nous renseigner sur la densité d'une zone donnée.

Dans la partie qui suit, nous allons définir plusieurs catégories de commune liées à la densité de population et observer leur *NDVI* pour la période estivale.



## Chapitre 3

# Evolution du NDVI en fonction de la densité de population

L'INSEE définit quatre types de communes en fonction de la densité de population. Nous reprenons ci-après la nomenclature telle que définie sur le site de l'organisme public [INS] :

*La nouvelle typologie de l'Insee s'inspire de la classification européenne urbain-rural conçue à partir des données carroyées de population. Elle permet de définir 3 types d'espace :*

**les communes densément peuplées** : *dont la densité de population au carreau est d'au moins 1 500 habitants par km<sup>2</sup> et qui comptabilisent un minimum de 50 000 habitants ;*

**Les communes de densité intermédiaire** : *les carreaux contigus ayant une densité de population d'au moins 300 habitants par km<sup>2</sup> et un minimum de 5 000 habitants ;*

**Les communes peu denses** : *les carreaux contigus ayant une densité de population de moins de 300 habitants par km<sup>2</sup> et moins de 5 000 habitants. Avec cette typologie, 90 % des communes françaises sont « rurales ». L'Insee rajoute alors un 4e degré en partant de la « maille rurale » (peu dense) :*

**les communes très peu denses** : *carreaux de densité de population d'au moins 25 habitants par km<sup>2</sup> et moins de 300 habitants*

Pour chacune de ces quatres catégories, nous avons choisis trois communes 3.1,3.2,3.3,3.4 :

<b>communes densément peuplées</b>		
nom	densité (habs/km <sup>2</sup> )	nombre d'habitants
Lyon	10117	474900
Montpellier	4524	253000
Amiens	2689	134400

TABLE 3.1 – Trois communes densément peuplées : *Lyon, Montpellier, Amiens*

<b>communes de densité intermédiaire</b>		
nom	densité (habs/km <sup>2</sup> )	nombre d'habitants
Abbeville	914	24100
Louvres	824	9000
Limours	453	6400

TABLE 3.2 – Trois communes de densité intermédiaire : *Abbeville, Louvres, Limours*

<b>communes peu denses</b>		
nom	densité (habs/km <sup>2</sup> )	nombre d'habitants
Roissy-en-France	195	2500
Fontenay-en-Parisis	176	2000
Malay-le-Grand	69	1600

TABLE 3.3 – Trois communes peu denses : *Roissy – en – France, Fontenay – en – Parisis, Malay – le – Grand*

<b>communes très peu denses</b>		
nom	densité (habs/km <sup>2</sup> )	nombre d'habitants
Brignancourt	66	200
Omiécourt	43	200
Marieux	27	100

TABLE 3.4 – Trois communes très peu denses : *Brignancourt, Omiecourt, Marieux*

La figure 3.1 montre la superposition des courbes de *NDVI* au mois de *Juillet* pour chacune des communes de chaque catégorie :

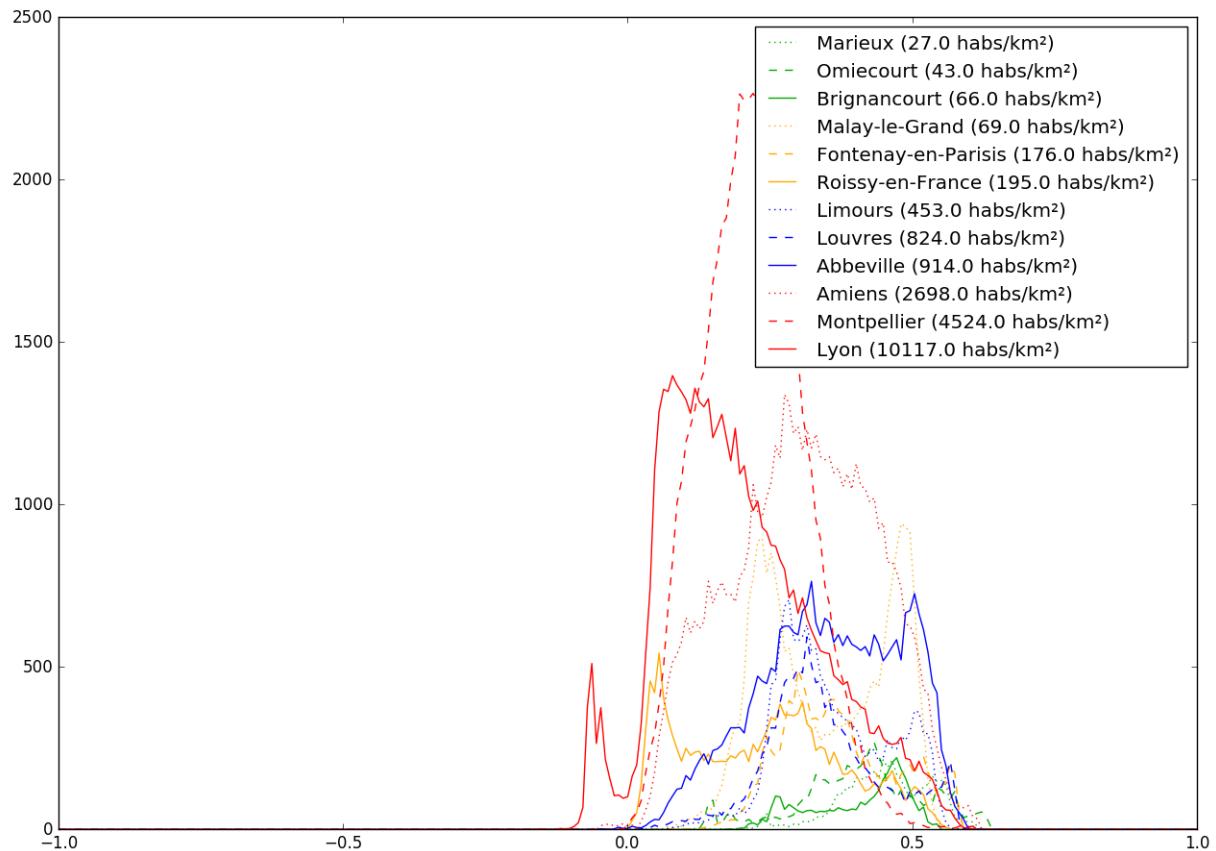


FIGURE 3.1 – Superposition des courbes de *NDVI* pour les communes densément peuplées (rouge), les communes de densité intermédiaire (bleu), les communes peu denses (jaune) ainsi que les communes très peu denses (vert)

Nous observons donc que les communes les plus denses sont caractérisés par un spectre d'amplitude fort et distribué vers les basses fréquences. A mesure qu'on se déplace vers les communes les moins denses, on constate une diminution d'amplitude et un déplacement de la distribution de *NDVI* vers les hautes fréquences.

Les figures 3.2,3.3,3.4 et 3.5 présentent les images de *NDVI* pour les communes de chaque catégorie.

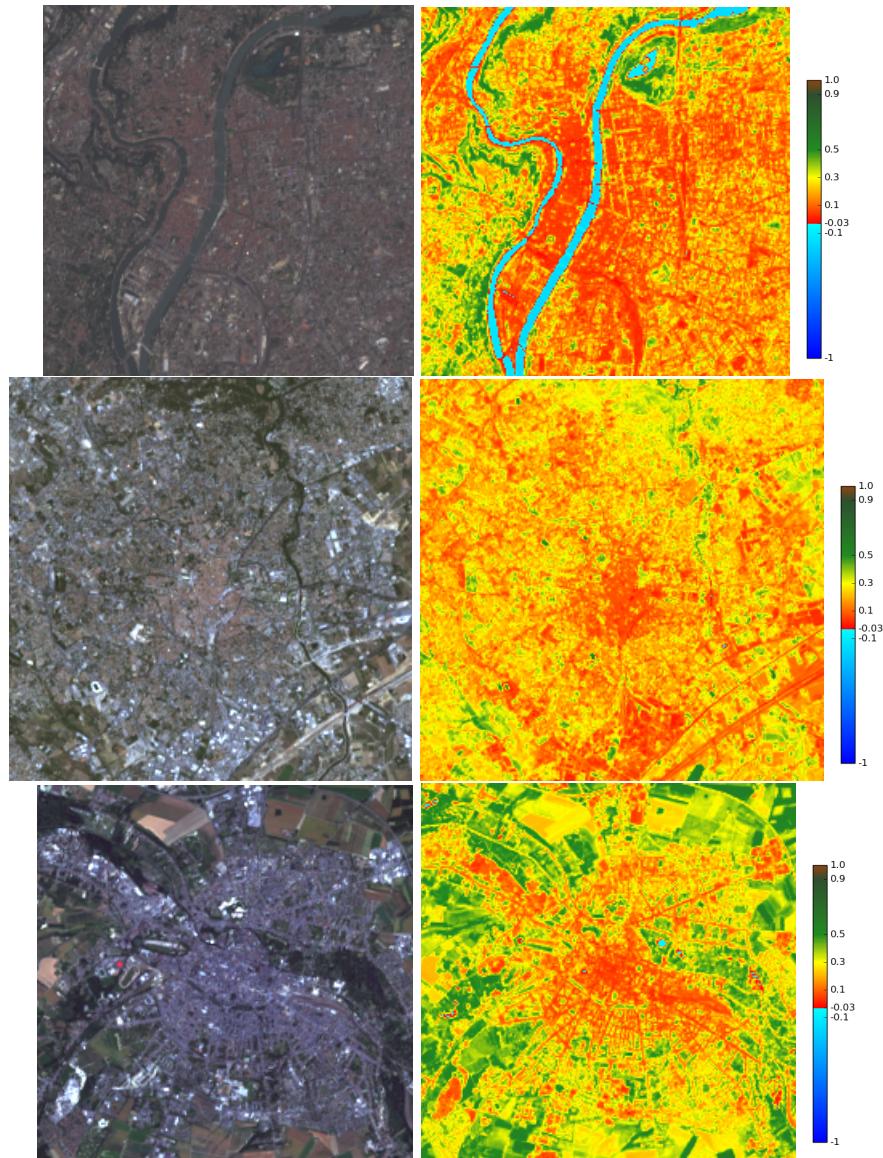


FIGURE 3.2 – Image *NDVI* et image couleur au mois de *Juillet* pour les trois communes densément peuplées, de haut en bas respectivement : *Lyon* ( $10117 \text{ habs/km}^2$ ), *Montpellier* ( $4524 \text{ habs/km}^2$ ), *Amiens* ( $2689 \text{ habs/km}^2$ ),

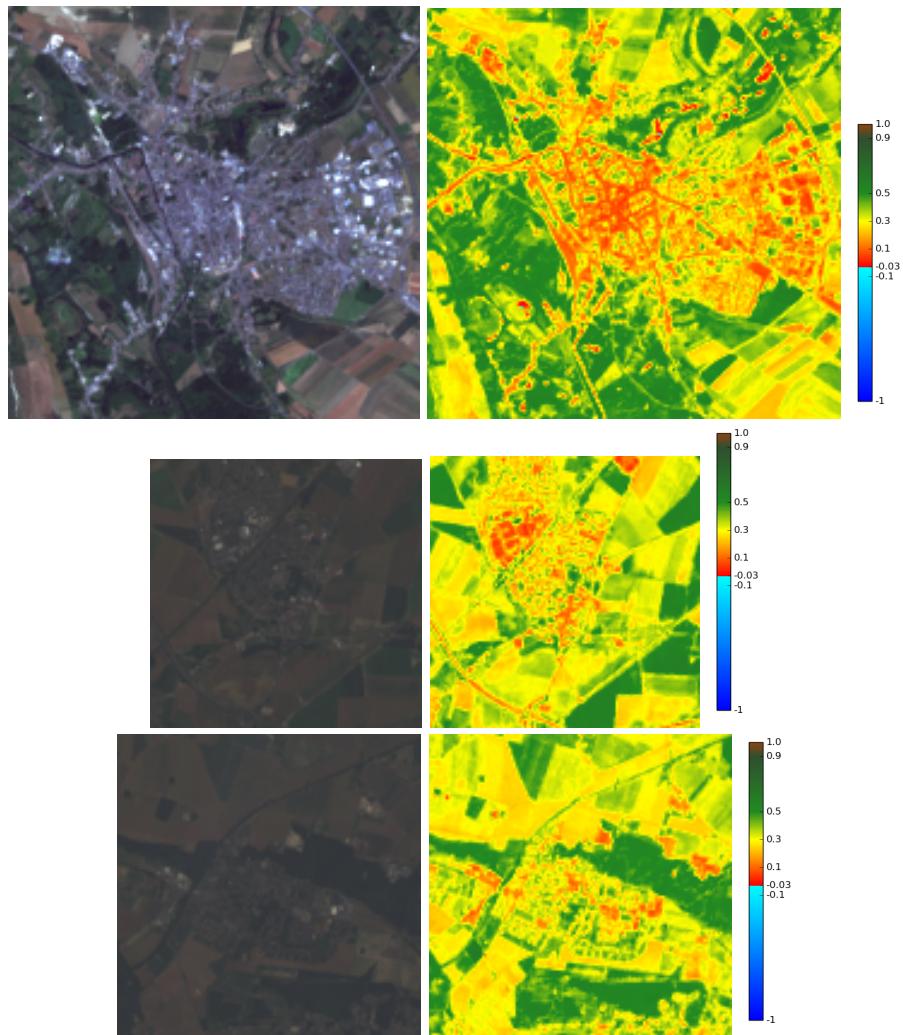


FIGURE 3.3 – Image *NDVI* et image couleur au mois de *Juillet* pour les trois communes de densité intermédiaire, de haut en bas respectivement : *Abbeville* (914 habs/km<sup>2</sup>), *Louvres* (824 habs/km<sup>2</sup>), *Limours* (453 habs/km<sup>2</sup>),

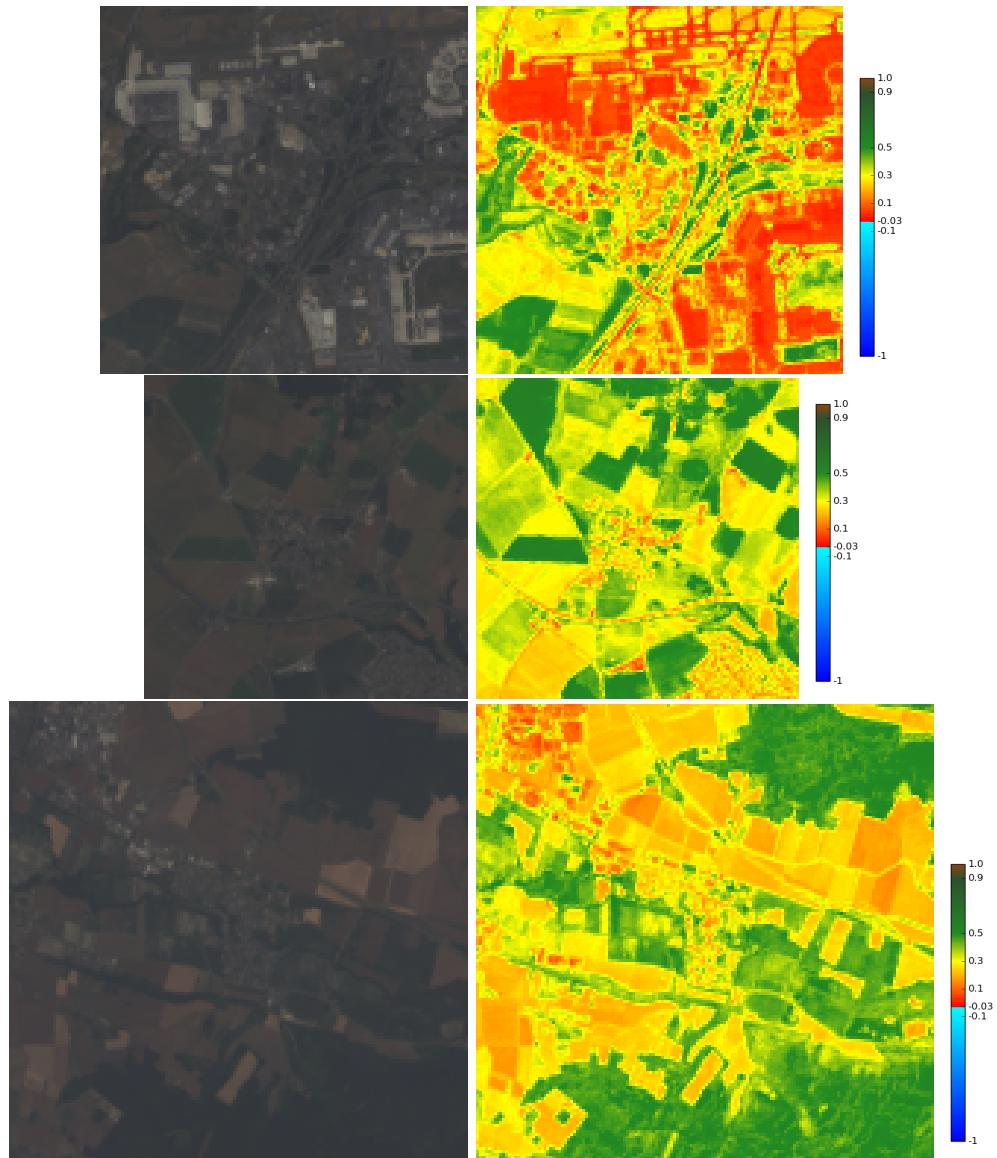


FIGURE 3.4 – Image *NDVI* et image couleur au mois de *Juillet* pour les trois communes peu denses, de haut en bas respectivement : *Roissy – en – France* ( $195 \text{ habs/km}^2$ ), *Fontenay – en – Parisis* ( $176 \text{ habs/km}^2$ ), *Malay – le – Grand* ( $63 \text{ habs/km}^2$ ),

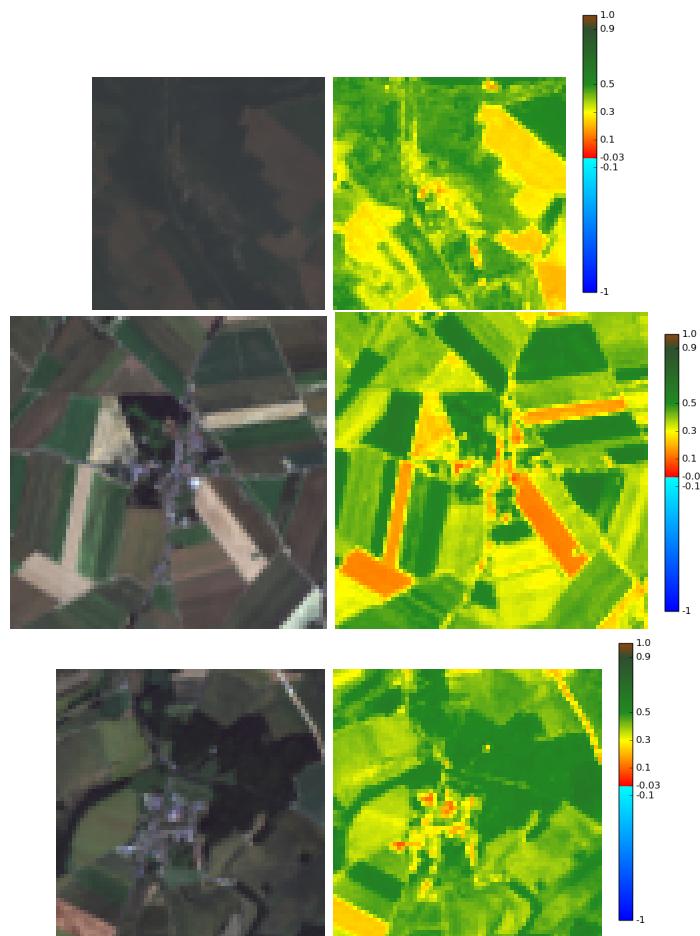


FIGURE 3.5 – Image *NDVI* et image couleur au mois de *Juillet* pour les trois communes peu denses, de haut en bas respectivement : *Brignancourt* ( $66 \text{ habs}/\text{km}^2$ ), *Omiecourt* ( $43 \text{ habs}/\text{km}^2$ ), *Marieux* ( $27 \text{ habs}/\text{km}^2$ ),



# Liste des tableaux

3.1	Trois communes densément peuplées : <i>Lyon, Montpellier, Amiens</i> . . . . .	18
3.2	Trois communes de densité intermédiaire : <i>Abbeville, Louvres, Limours</i> . . . . .	18
3.3	Trois communes peu denses : <i>Roissy-en-France, Fontenay-en-Parisis, Malay-le-Grand</i> . . . . .	18
3.4	Trois communes très peu denses : <i>Brignancourt, Omiecourt, Marieux</i> . . . . .	18



# Table des figures

1.1	Image couleur, image <i>NDVI</i> et histogramme de <i>NDVI</i> pour la commune de <i>Chamonix-Mont – Blanc</i> sur un périmètre de 116km <sup>2</sup> au mois d' <i>Aout</i> . . . . .	2
1.2	Image couleur, image <i>NDVI</i> et histogramme de <i>NDVI</i> pour la ville de <i>Manaus (Bresil)</i> sur un périmètre de 11000km <sup>2</sup> au mois de <i>Juillet</i> . . . . .	4
1.3	Image couleur, image <i>NDVI</i> et histogramme de <i>NDVI</i> pour la ville de <i>Paris</i> sur un périmètre de 105km <sup>2</sup> au mois de <i>Décembre</i> . . . . .	6
2.1	De la gauche vers la droite sur la première ligne, évolution du <i>NDVI</i> entre <i>Mars</i> et <i>Juillet</i> pour la ville de <i>Paris</i> sur un périmètre de 105km <sup>2</sup> . De la gauche vers la droite sur la seconde ligne, évolution du <i>NDVI</i> entre <i>Aout</i> et <i>Décembre</i> pour la ville de <i>Paris</i> sur un périmètre de 105km <sup>2</sup> . En bas, supersposition des histogrammes de <i>NDVI</i> pour les mois de <i>Mars</i> à <i>Décembre</i> et image couleur . . . . .	8
2.2	De la gauche vers la droite sur la première ligne, évolution du <i>NDVI</i> entre <i>Mars</i> et <i>Juillet</i> pour la ville de <i>Fontainebleau</i> sur un périmètre de 172km <sup>2</sup> . De la gauche vers la droite sur la seconde ligne, évolution du <i>NDVI</i> entre <i>Aout</i> et <i>Décembre</i> pour la ville de <i>Fontainebleau</i> sur un périmètre de 172km <sup>2</sup> . En bas, supersposition des histogrammes de <i>NDVI</i> pour les mois de <i>Mars</i> à <i>Décembre</i> et image couleur. . . . .	10
2.3	De la gauche vers la droite sur la première ligne, évolution du <i>NDVI</i> entre <i>Mars</i> et <i>Juillet</i> pour la ville de <i>Annecy</i> sur un périmètre de 13.65km <sup>2</sup> . De la gauche vers la droite sur la seconde ligne, évolution du <i>NDVI</i> entre <i>Aout</i> et <i>Décembre</i> pour la ville de <i>Annecy</i> sur un périmètre de 13.65km <sup>2</sup> . En bas, supersposition des histogrammes de <i>NDVI</i> pour les mois de <i>Mars</i> à <i>Décembre</i> et image couleur. . . . .	12
2.4	De la gauche vers la droite sur la première ligne, évolution du <i>NDVI</i> entre <i>Mars</i> et <i>Juillet</i> pour la ville de <i>Adge</i> sur un périmètre de 50.9km <sup>2</sup> . De la gauche vers la droite sur la seconde ligne, évolution du <i>NDVI</i> entre <i>Aout</i> et <i>Décembre</i> pour la ville de <i>Adge</i> sur un périmètre de 50.9km <sup>2</sup> . En bas, supersposition des histogrammes de <i>NDVI</i> pour les mois de <i>Mars</i> à <i>Décembre</i> et image couleur . . . . .	14
3.1	Superposition des courbes de <i>NDVI</i> pour les communes densément peuplées (rouge), les communes de densité intermédiaire (bleu), les communes peu denses (jaune) ainsi que les communes très peu denses (vert) . . . . .	20
3.2	Image <i>NDVI</i> et image couleur au mois de <i>Juillet</i> pour les trois communes densément peuplées, de haut en bas respectivement : <i>Lyon</i> (10117 habs/km <sup>2</sup> ), <i>Montpellier</i> (4524 habs/km <sup>2</sup> ), <i>Amiens</i> (2689 habs/km <sup>2</sup> ), . . . . .	22
3.3	Image <i>NDVI</i> et image couleur au mois de <i>Juillet</i> pour les trois communes de densité intermédiaire, de haut en bas respectivement : <i>Abbeville</i> (914 habs/km <sup>2</sup> ), <i>Louvres</i> (824 habs/km <sup>2</sup> ), <i>Limours</i> (453 habs/km <sup>2</sup> ), . . . . .	23
3.4	Image <i>NDVI</i> et image couleur au mois de <i>Juillet</i> pour les trois communes peu denses, de haut en bas respectivement : <i>Roissy – en – France</i> (195 habs/km <sup>2</sup> ), <i>Fontenay – en – Parisis</i> (176 habs/km <sup>2</sup> ), <i>Malay – le – Grand</i> (63 habs/km <sup>2</sup> ), . . . . .	24

- 3.5 Image *NDVI* et image couleur au mois de *Juillet* pour les trois communes peu denses, de haut en bas respectivement : *Brignancourt* (66 habs/km<sup>2</sup>), *Omiecourt* (43 habs/km<sup>2</sup>), *Marieux* (27 habs/km<sup>2</sup>), . . . . . 25

# Bibliographie

[INS] INSEE. Une nouvelle approche du territoire : densité de population et accessibilité aux services.  
[http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg\\_id=6ref\\_id=23678](http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=6ref_id=23678).