

"Réflexion sur la conception et la mise ne place d'un système d'informations foncières à partir de données multi-sources"

SEDDIKI Mohamed Akram ⁽¹⁾, SOUIAH Sid Ahmed ⁽²⁾, BOUKERCH Issam ⁽¹⁾

1 : Centre des Techniques Spatiales/ASAL,
2 : Université Oran2

Résumé

Le foncier est au centre de rapports sociaux autour de parcelles de terrain de l'espace national. Ces rapports sont particulièrement déterminés par de multiples facteurs : historiques, économiques, juridiques, d'aménagement du territoire et de politiques publiques. Ce travail s'inscrit dans une réflexion globale pour la mise en place d'une plate-forme nationale regroupant les données foncières produites par différents acteurs relevant de nombreux secteurs économiques et institutionnels. De ce fait, cet objectif n'est pas fortuit dans la mesure où il répond à la nécessité de la mise en place du projet national dénommé 'Infrastructure Nationale des Données Géographique' (INDG), initié par l'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT) en partenariat avec l'Agence Spatiale Algérienne (ASAL), l'Agence Nationale du Cadastre (ANC) et l'Ordre des Géomètres Experts Fonciers (OGEF).

L'hypothèse principale repose, d'abord, sur la définition de la donnée elle-même selon ses attributs et ses différentes échelles de représentation afin de définir et proposer une architecture prenant en charge un système d'information foncière où trois (03) socles de données sont proposés : appropriation des sols (Cadastre), usage des sols (urbanisme et usage économique) et de télédétection à haute et très haute résolution spatiale (THRS) comme support d'informations complémentaires. Cependant, des contraintes techniques entravant la mise en place de ce système, elles trouvent leurs solutions dans un bilan actualisé effectué par le Conseil National de l'Information Géographique (CNIG) selon les normes adoptées ou en cours d'adoption par l'Institut National de Normalisation (IANOR). De sorte que les applications d'un tel système sont multiples. A une échelle régionale sont abordées les questions du Cadastre en milieux montagneux et steppique. A une échelle plus grande, la problématique du cadastre 3D et ses projections vers un cadastre multifonctionnel ont retenu un réel intérêt dans nos travaux.

Outre ces multiples déclinaisons, la question de la consommation foncière reste au centre de toutes les tensions et conflits sociaux, demeurant ainsi, en amont et en aval, l'instrument déterminant pour la définition et la réussite de toute politique foncière pour assoir un développement harmonieux et efficace.

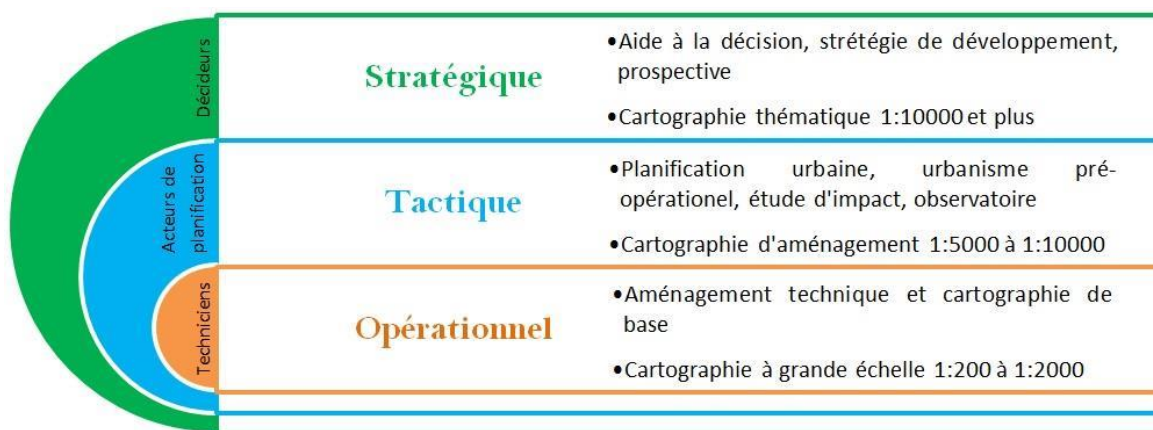
De ce fait, la ville de Mostaganem est choisie comme zone d'étude pour examiner l'évolution de ce phénomène, durant la période 2006-2015 en prenant soin de fusionner les trois types de données. En fin, et en prévision du lancement du projet national de recensement de la population, des développements méthodologiques ont été initiés, notamment par des

techniques d'apprentissage profond dans le but de préparer un premier support à base de l'imagerie THRS.

Mots clés : cadastre, apprentissage profond, data-mining, consommation foncière, Mostaganem.

I. Problématique et méthodologie

Le concept de foncier est appréhendé comme englobant les éléments qui pèsent sur l'appropriation, la valeur ou l'usage des terrains, La politique foncière est dès lors définie comme l'ensemble des décisions et actions de la puissance publique (État, collectivités territoriales, organismes publics ou parapublics) ayant un impact sur l'appropriation, la valeur et/ou l'usage des terrains. (C Van Der Kaa, 2015). Ces décisions peuvent être de nature stratégique (orienter, objectiver, préparer...), réglementaire (distribuer des droits à construire...) ou opérationnelle (acquérir, porter, céder, remembrer...).



Entre utilisateurs 'experts', 'initiés' ou 'grand public' et à chaque niveau d'utilisation correspond un niveau de responsabilité, associé à un besoin en données de base, qui se distingue aussi bien par le volume de données nécessaires, que le niveau de généralisation, de précision et de forme sous laquelle cette information doit être remise aux intéressés. Le schéma des relations fait apparaître que chaque niveau est en interaction avec le niveau supérieur. (Anne P, 2003).

Les modalités de production et de diffusion de l'information géographique sur les territoires évoluent profondément depuis la transition numérique des années 1990, et se traduisent par l'émergence de nouvelles institutions qui en organisent leur circulation : les Infrastructures de Données Géographiques (IDG). Dans ce nouveau régime informationnel, la notion de « partage » est au centre des débats.

Il s'agit là d'une idéologie contradictoire et porteuse de projets sociétaux divergents : favorisant transparence publique et démocratie informationnelle, ou visant à pallier les insuffisances de l'État en favorisant la participation citoyenne à la gestion des territoires (Pierre Gautreau et al, 2016).

Un organisme qui décide construire une Infrastructure de Données Spatiales ou géographiques vise à améliorer la capacité de gestion et la prise de décisions sur les questions qui touchent le territoire. Ces améliorations sont liées au traitement accordé à l'information spatiale, des aspects tels que : La disponibilité de l'information mise à jour, l'information géographique est soumise à des changements constants aussi bien naturels qu'anthropiques qui nécessitent un entretien continu des informations nécessaires pour la prise de décisions appropriées. Ces plateformes rassemblent aujourd'hui les données, les réseaux informatiques, les normes et standards, les accords organisationnels et les ressources humaines nécessaires pour faciliter et coordonner le partage, l'accès et la gestion des données géographiques (Matthieu N, 2013).

Cette communication s'inscrit dans une réflexion globale pour la mise en place d'une plateforme nationale regroupant les données foncières produites par différents acteurs relevant de nombreux secteurs économiques et institutionnels. Son premier objectif répond à la nécessité de la mise en place du projet national dénommé 'Infrastructure Nationale des Données Géographique' (INDG), initié par l'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT) en 2012 en partenariat avec l'Agence Spatiale Algérienne (ASAL), l'Agence Nationale du Cadastre (ANC) et l'Ordre des Géomètres Experts Fonciers (OGEF). La question fondamentale qui se pose : À quoi peut-être utilisée une telle infrastructure ? Certaines réponses trouvent leur place dans le cadre de l'atelier de « formation en Géo portails» organisé à Tanger (Maroc) en 2014 (https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/manual_formacion_geo_alboran_final_fr.pdf)

relatives :

- a) A la gestion des urgences, elle peut être créée pour soutenir les tâches d'aide et de sauvetage après des urgences majeures, en fournissant de grandes quantités d'informations et en aidant les forces de l'ordre.
- b) A la gestion environnementale du territoire et dans la préparation des études d'impact environnemental sur l'exploitation des ressources naturelles et la création de nouvelles infrastructures.
- c) Aux grands projets et consortiums qui travaillent avec des données spatiales de nombreux pays et qui doivent être structurées, organisées et partagées.
- d) Aux gouvernements et les organismes régionaux qui souhaitent publier leurs données et leur cartographie.
- e) Aux entités publiques qui veulent conjuguer les efforts et harmoniser les données provenant de différents organismes.

Ce travail, qui traite d'une problématique d'actualité relative aux théories des IDG, s'attache aux modalités d'appropriation et de gestion du foncier, d'où l'originalité de ce travail de recherche réside dans la mise en place d'un système d'informations foncières à partir de trois types de données : cadastrales, urbaines et issues de l'imagerie à très haute résolution spatiale comme source d'informations, récentes ou évolutives, complémentaires.

Le sujet est d'un impact national dans la mesure où il aborde des questions relatives à la consommation foncière (l'exemple du Groupement de Mostaganem), de l'actuel projet national de recensement de la population par la cartographie de la densité urbaine (cas de la

ville de Mostaganem), du projet de maintenance du cadastre pour l'ensemble des wilayat du pays, y compris celles du domaine steppique, afin de garantir sa transposabilité d'un milieu à un autre. Les résultats obtenus dans les différentes régions témoignent de l'efficacité d'un tel système et démontre son caractère transposable, dans une publication internationale.

Sur le plan technique et méthodologique, plusieurs points sont mis en exergue à travail ce travail et parmi elles les questions d'ordre juridiques et politiques régissant le domaine du foncier en Algérie : les processus d'exploitation qui en découlent, les contraintes et les critiques des procédures mises en place, leurs conséquences et répercussions sur la gestion intersectorielle dans un cadre d'un système unifié transposable et mutualiste. Aussi, les algorithmes développés d'apprentissage classique et d'apprentissage profond permettent de démontrer l'efficacité de la télédétection opérationnelle dans le domaine du foncier, notamment avec le lancement des satellites Algérien d'une précision cartographique à grande et moyenne échelle.

Une réflexion sur la conception d'un système d'information foncière regroupant les trois socles de données abordés : du cadastre, de l'urbanisme et de l'imagerie satellitaire à THRS sera présentée. Il s'agit d'un système qui englobe les politiques foncières (appropriation et usage) et le système d'observation foncière (suivi de la consommation foncière).

Conception d'un système d'information foncière SIF : validé par le comité scientifique de rédaction du bulletin des sciences géographiques N°32 de l'INCT, rubrique SIG/Télédétection, sous l'intitulé : « Réflexion sur la conception d'un système d'informations foncières à partir des données Multi-sources », le système objet de conception recoupe la maîtrise foncière à la planification urbaine d'où les applications et développement sont effectués sur la ville de Mostaganem. D'une structure mutualiste et coopérative permettant une gestion plus efficace des données et des informations foncières, le système intègre des données relatives à l'appropriation des sols et leur usage pour des fins d'urbanisme et utilise comme support les ortho-images spatiales de haute et très haute résolution. La cartographie de prise de décision est l'une des applications du système conçu, elle permet de stimuler une animation foncière, ce qui conduit notamment à faciliter le transfert de la stratégie définie au niveau régional dans le cadre des PDAU à des décisions foncières opérationnelles prises par les autorités locales.

Un système d'observation de la consommation du foncier à l'échelle du groupement de Mostaganem: dans la wilaya de Mostaganem choisie comme zone d'étude pour réaliser nos travaux, la situation foncière a généré un contentieux non encore réglé dont le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme ne pouvait atteindre ses objectifs.

Face à cette situation, et à travers le développement d'une méthodologie basée sur l'exploitation simultanée de la télédétection et des outils SIG, le travail vise à synthétiser les PDAUs de 2006 et 2015, analyser les images mutlti-sources durant la même période et extraire les informations sur l'état juridique des terres, tous ces travaux sont menés dans l'objectif:

- a) D'éviter la consommation d'espaces agricoles et forestiers d'un impact négatif sur l'environnement et l'économie ;
- b) D'arrêter les aménagements anarchiques et isolés et favoriser la mixité sociale et

fonctionnelle des quartiers en impulsant le développement en un même lieu de plusieurs activités par la création des nouveaux pôles urbains ;

- c) Et de lutter contre la spéculation foncière et la hausse des prix surtout dans les zones d'extensions illicites, cela par une nouvelle politique publique foncière.

Un système de cartographie de la densité urbaine et de recensement de la population à l'échelle de l'agglomération de Mostaganem : ce travail rejoint les initiatives de réflexion sur la modernisation de l'opération de recensement, à travers l'utilisation des nouvelles techniques et technologies telles que l'imagerie spatiale et l'exploitation de la base de données disponible au niveau de tous les secteurs. L'opération de recensement général de la population en Algérie, prévu initialement en 2018 et reportée en 2020 (RGPH 2020), elle n'est pas encore lancée jusqu'à l'heure actuelle, ce recensement permettra aux autorités publiques de connaître le nombre "exact" de la population et des agglomérations ainsi que leur répartition géographique, et constitue un élément essentiel pour l'élaboration des plans de développement futurs".

Techniquement, le travail est structuré sous forme d'approches semi-automatique (apprentissage) et automatique (apprentissage profond), et consiste à combiner les informations issues de l'Urbanisme (COS, taux d'occupation par logement...) avec celles extraites à partir des images spatiales THRS (limites/formes des bâtiments et l'ombre portée) pour arriver à préparer un support cartographique pouvant faciliter les opérations de recensement de la population.

II. Résultats et conclusions

Ce travail qui utilise les ortho images spatiales à très haute résolution spatiale (notamment Quickbird et ALSAT2), est basé sur un recoupement de deux bases de données, l'une cadastrale et l'autre d'aménagement, en s'appuyant fortement sur les données foncières. Cependant, *l'hétérogénéité, la fréquence de mise à jour, les échelles d'utilisation des données ou les difficultés d'harmonisation des nomenclatures* sont autant de facteurs limitant dans la conception d'un tel système qui doit satisfaire les besoins actuels et fréquents. Les apports de la mise en place d'un tel système ne sont plus à démontrer, les expériences menées sur de vastes territoires tels que la steppe et à l'échelle des agglomérations urbaines (villes de Mostaganem et d'Oran), la réalisation des différentes cartes d'aptitude à l'aménagement par fusion d'indicateurs (exemple des indicateurs législatifs relatifs à la préservation des terres agricoles ou à vocation agricole) et la programmation d'aménagements dans les territoires relevant du Domaine de l'Etat, ont prouvé l'efficacité de ce système pour aider les autorités dans le sens d'une bonne gouvernance foncière, notamment dans le cadre de l'élaboration ou de la révision des instruments d'aménagement et d'urbanisme.

1. Le problème du foncier en milieu steppique :

Les classifieurs traditionnels qui incluent l'algorithme à maximum de ressemblance ou d'autres non supervisés, sont devenus peu performants, dans la classification de certaines catégories de l'occupation du sol, tel les grands espaces urbains, et le couvert végétal de grande superficie. Le paysage steppique est marqué par la présence des détails inférieurs au

seuil théorique d'extraction de certains objets (tel que le bâti isolé), qui est au même temps, un élément pertinent d'indication sur la présence des propriétés omises recherchées. A cet effet, nous avons opté pour des méthodes qui intègrent, en sus des valeurs spectrales, les informations texturales et géométriques, parmi lesquelles, figure l'approche orientée objet basée sur les règles d'apprentissage.

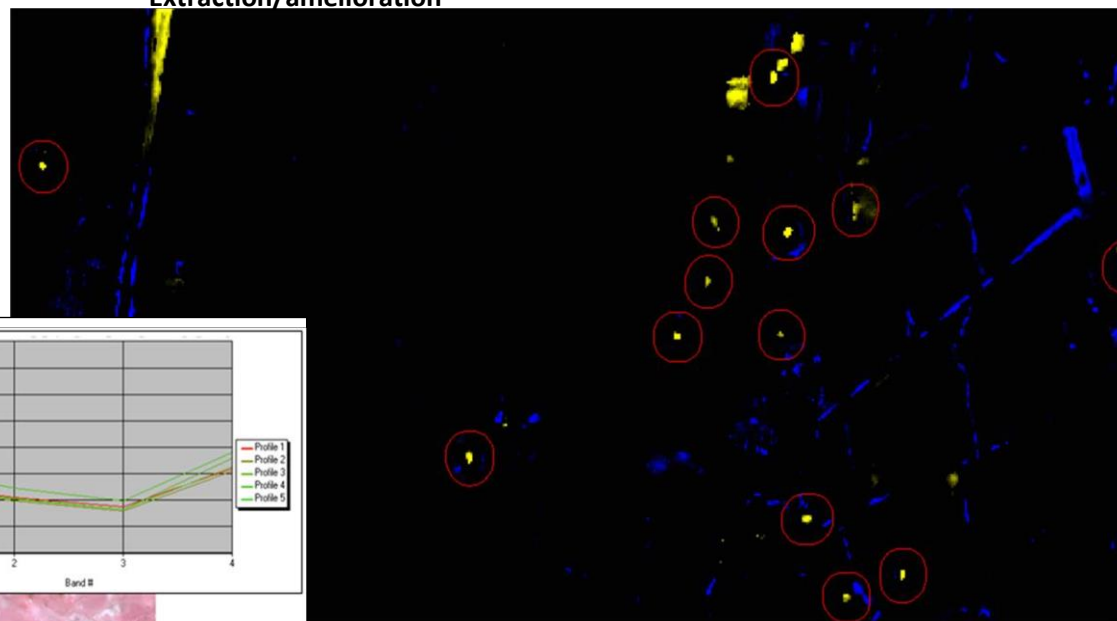
La méthodologie suivie repose sur le principe que chacun des classifieurs testés donne des informations certaines et d'autres introduisent des confusions, alors que l'avantage est la constitution d'une base de connaissances structurées comme règle de décision dans l'approche orientée objet. Durant tous les traitements, le choix des échantillons était en adéquation avec la nomenclature Spot Théma définie à une résolution spatiale équivalente à l'image support d'étude (ALSAT2), *ce qui rend le système de règles d'apprentissage développé transposable sur n'importe quelle zone du territoire national en l'alimentant par le même type d'images.*

. Extraction/amélioration



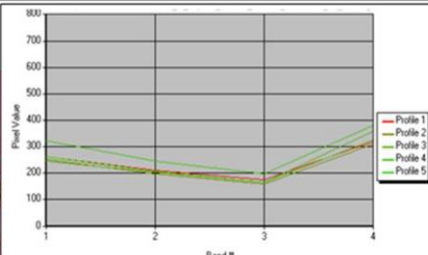
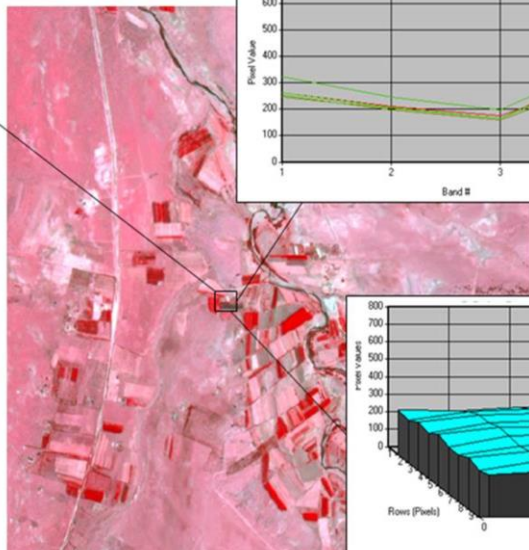
Identification des échantillons

Extraction/amélioration

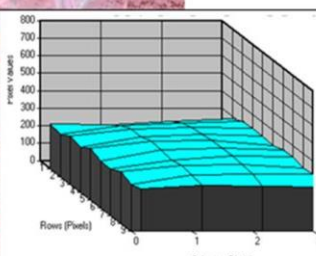


Objet : D3
Superficie : 0.0432 hectares
Propriété : relativement homogène

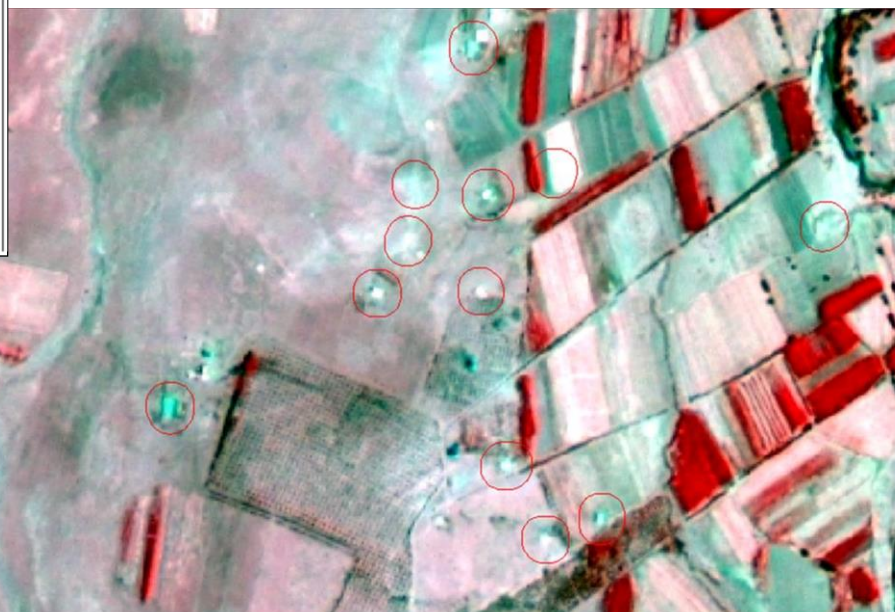
Sur image THRS



Band #	Profile 1	Profile 2	Profile 3	Profile 4	Profile 5
1	300	250	200	250	200
2	250	200	150	200	150
3	200	150	100	150	100
4	300	250	200	250	200



Column (Pixels)	Row (Pixels)	Pixel Value
0	0	200
0	1	150
0	2	100
1	0	150
1	1	100
1	2	50
2	0	100
2	1	50
2	2	0

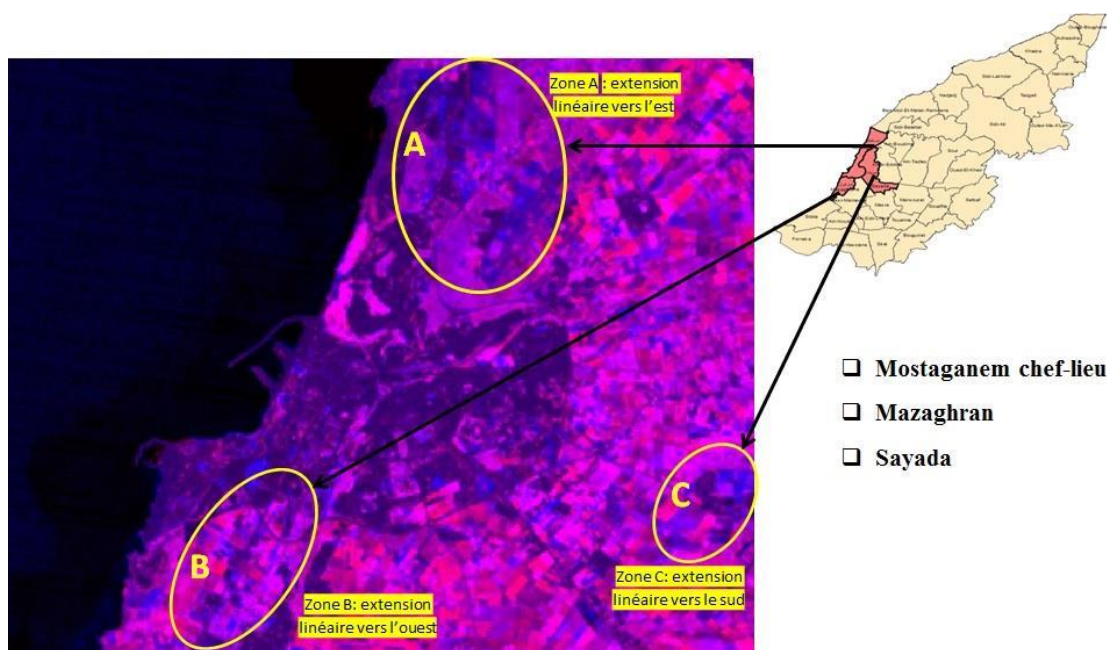


Validation/enquête/mise à jour

2. Etude de la consommation foncière : apport de la richesse des données multi sources à l'élaboration et la révision des instruments d'aménagement et d'urbanisme.

La maîtrise de la consommation foncière et la lutte contre l'artificialisation des sols est aujourd'hui une priorité. Cette partie, s'inscrivait dans le cadre de la mise en place d'une stratégie d'orientation et d'optimisation du foncier qui répond à plusieurs enjeux dans le cadre d'un aménagement durable du territoire. L'importance et la complexité de la problématique abordée, les méthodologies utilisées et les résultats obtenus sont autant de points qu'il faudrait évoquer en conclusion pour envisager les perspectives futures :

Sur le plan technique : l'apport de l'imagerie spatiale dans le contexte de détection et de quantification des changements est largement mis en exergue. L'imagerie satellitaire à très haute résolution est un support d'analyse qui s'adapte aisément aux différentes échelles des études d'urbanisme. Cependant, l'extraction d'informations est un processus qui nécessite des prérequis en télédétection et en traitement des images, l'expérience menée à travers le système de classification orientée objet est testée sur les zones citées précédemment, est très efficace. Malgré la complexité du système d'apprentissage et la formulation des règles de connaissances, nous avons pu atteindre les précisions d'extraction souhaitées en assurant une qualité équivalente à 89% d'information fiable.



L'intégration des produits thématiques issus du cadastre et de l'imagerie dans un processus de fusion par approche de pondération spatiale SIG-AMC, nous a permis de produire des cartes d'aptitudes servant à la prise de décision en respectant les règles d'urbanisme relatives à la nature juridique des sols et à la préservation des terres de haute valeur agricole.

Le travail technique est loin d'être simple et facile, plusieurs contraintes notamment celles liées à la nature hétérogène des données ont été rencontrées puis résolues en ayant recours aux techniques de normalisation géométriques et radiométriques.

La réalisation des ortho-images nous ont permis non seulement de détecter les changements, mais également d'élever le PDAU, vu initialement comme un schéma d'aménagement, à sa vraie rigueur métrique, un plan donnant des orientations foncières fiables et efficaces.

Sur le plan de l'urbanisme : la superficie réservée à l'aménagement (dans le **groupement de Mostaganem**) durant la période 2006 – 2015, autour de 170 ha, a justifiée par la vocation économique de la wilaya de Mostaganem a influencé la décision politique. Aussi, la ville de Mostaganem en tant que ville côtière n'est pas le facteur unique d'attraction de la population, l'emploi et les services rattachés à l'activité agricole a permis la naissance d'autres groupements compétitifs, et nous citons à titre d'exemple les groupements de communes : Ain Tedles – Kheir Eddine, Bouguirat – Sirat – Mesra, Hassi Mamèche – Fornaka et Ain Nouissi qui constituent trois grands bassins de production agricole dans la wilaya.

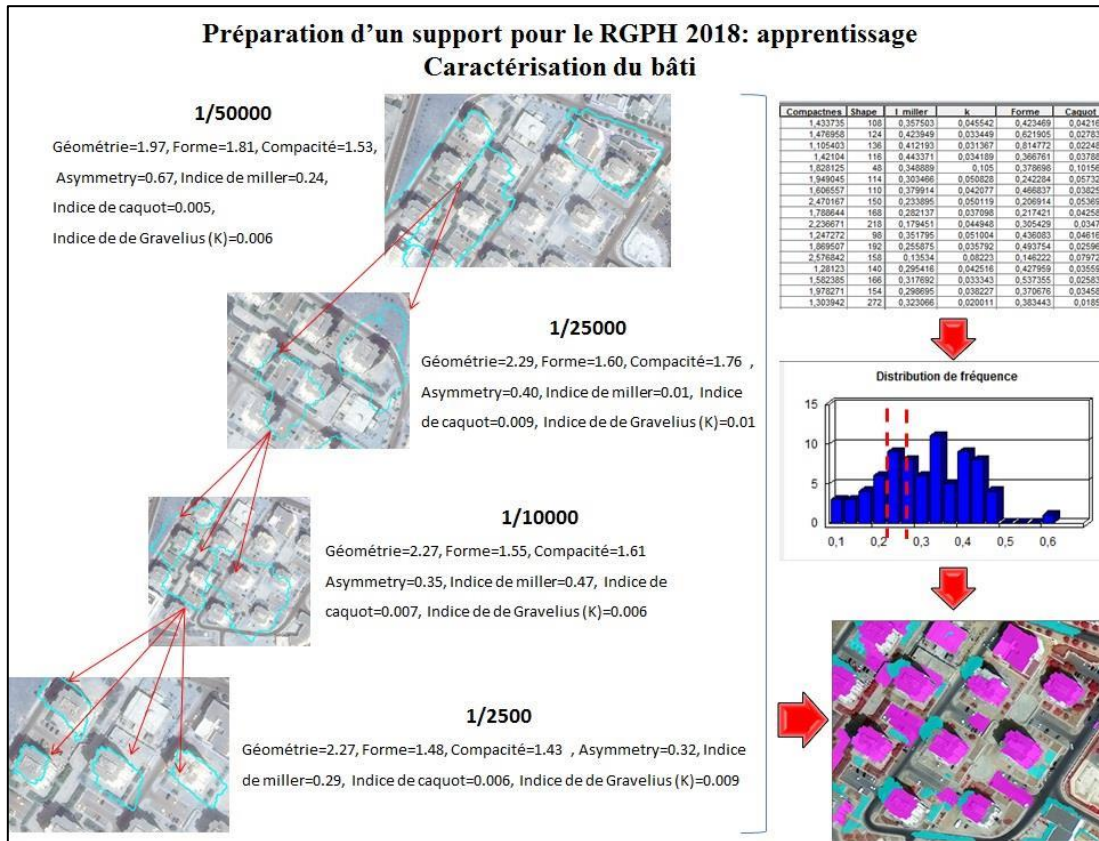
A cela, il faut ajouter la vocation touristique, dans la mesure où Mostaganem est une wilaya touristique par excellence, cela signifie qu'il faut prendre en considération les aménagements non-inscrits dans les PDAU comme les zones d'expansion touristique (les ZET) où de grands investissements ont été lancés récemment par les autorités pour valoriser les potentialités touristiques que possède cette wilaya.

Les résultats obtenus sur les changements détectés ont révélé l'absence d'une vision d'urbanisme durable et contemporain qui vise à regrouper les communes pour permettre l'éclosion et la consolidation d'unités spatiales découlant de l'analyse de diagnostic, et d'éviter les étalements linéaires dans les banlieues des villes par la création des nouvelles villes. La dominance des extensions illicites et de l'habitat rural dispersé prouve le contraire.

3. Préparation du projet de recensement : un support préliminaire à base des données multi sources fusionnées

Les instruments traditionnels de l'observation socio-démographique, recensements exhaustifs et enquêtes par sondage probabiliste, se révèlent difficiles à mettre en œuvre et ne satisfont pas correctement les besoins de la recherche ni de la gestion urbaine.

L'imagerie spatiale THRS peut constituer une alternative intéressante par rapport aux procédés classiques d'enquêtes de recensement et peut fournir de bonnes estimations de la population. L'extraction d'information par application des règles d'apprentissage par calcul d'attributs (sous logiciel Ecognition) reflète plus ou moins la réalité avec une marge d'erreur variable d'un objet à un autre (taux de confusions : végétation-autres objets (moins de 10%), sols-autres (15% à 20%), bâti-routes (20% à 30%) et bâti-autres (15% à 20%)). L'hétérogénéité spectrale intra-objet et la similitude spectrale inter-objet rendent difficile la discrimination de certains thèmes (exemple bâti-route), raisons pour lesquelles, le calcul des indices caractérisant la forme/géométrie devraient être intégrés pour enrichir la bibliothèque existante sous Ecognition.



La constitution d'une base de connaissance sur les paramètres pertinents (intrinsèques et extrinsèques) et son implémentation dans une plate-forme logicielle SIG peut apporter des résultats plus significatifs en matière d'extraction des détails complexes composant le milieu urbain.

Ce travail est complété par le développement d'un processus de traitement basé sur les algorithmes d'apprentissage profond (Deep-Learning) sur une série d'images (Technologie MAXAR) pour voir s'il y aura un gain en temps et en précision. A cet effet, une étude comparative a été effectuée en matière de cartographie de la densité urbaine. Les bibliothèques du Deep-Learning exploitées et l'enchaînement des étapes allant de l'initiation du modèle de différenciation des tissus urbains et le calcul de la densité urbaine associée, ont démontré la robustesse et la rapidité dans les calculs souhaités. Cependant, l'approche d'apprentissage manuelle, reste, avec une légère différence, plus proche à la réalité.

Préparation d'un support pour le RGPH 2018: apprentissage profond

Propriétés du modèle RNN et résultats

COS: de 0 à 0,75

COS: de 0,75 à 1,50

COS: plus de 1,50

Densité

Imagettes de 300*200 pixels d'une surface ~3hectares
50 images par classe prises des différentes villes
Augmentation jusqu'à 150 images (N*3)

Modèle initial

```

model = Sequential()
model.add(Conv2D(128, (3, 3), activation='relu', input_shape=(300, 200, 3)))
model.add(MaxPooling2D(2, 2))
model.add(Conv2D(128, (3, 3), activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D(2, 2))
model.add(Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D(2, 2))
model.add(Flatten())
model.add(Dense(128, activation='relu'))
model.add(Dense(3, activation='softmax'))
                    
```

- 3 couches conv,
- une couche flatten,
- une dense,
- et une de sortie

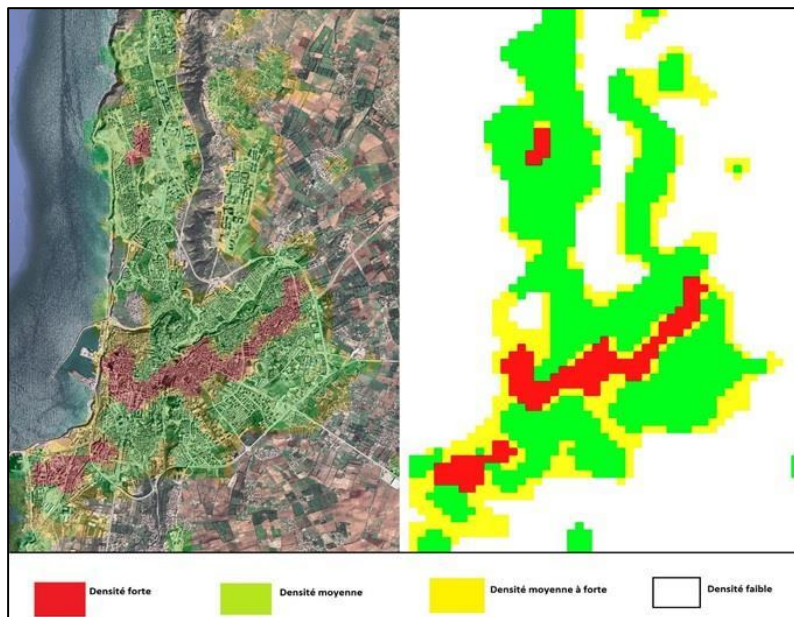
Ressources logicielles:

- Python 3
- Tensorflow
- TensorBoard
- Keras
- Pycharm

Modèle utilisé/optimisé

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 198, 200, 32)	896
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 99, 149, 32)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 97, 147, 32)	9248
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 48, 73, 32)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 46, 71, 32)	9248
flatten (Flatten)	(None, 104512)	0
dense (Dense)	(None, 32)	3344456
dense_1 (Dense)	(None, 3)	99

- 3 couches Conv,
- 2 couches MaxPooling,
- 32 nœuds,
- et une couche dense,
- une précision de (100% données d'entraînement et 92% données de validation)



Enfin, le système d'informations foncières multi sources construit et testé sur plusieurs zones est transposable et multi-usages. Cela valide la possibilité de mettre en place une infrastructure nationale des données géographiques, dans la mesure où les socles de données doivent être normalisés et les résultats des développements informatiques doivent être confrontés à la réalité terrain.