Geo-Sp Mag

مجلة منشورات علوم جغرافية

July 2018

Vol-7 المجلد

Numero 21 العدد

12

Edition Of The International Congress Geo-tunis

13 - 17 November 2018

ISSN 2286 - 5454

Adress:112 rue Radhia Haded 1001 Tunis

Tel : (00216) 71 245 692 Fax : (00216) 71245 692

E-mail: atigeo_num@yahoo.fr

Geo-sp Publication
Geo-Sp Mag
مجلة منشورات علوم جغرافية

المجلة الدولية * منشورات علوم جغرافية *Geo - SP
مجلة علمية محكمة مرخص لها و مودعة تسجيلها بالمحكمة الابتدائية بتونس تحت عدد 58556 بتاريخ 13/11/2012 و تحمل الترقيم المعياري الدولي عدد ISSN2286-5454

ادارة المجلة
المدير المسؤول : الاستاذ محمد العياري
رئيس التحرير :د. محمد نجيب بالحبيب / رئيس المدرسة العليا للتكنولوجيا
مدير التصميم و الاخراج و الغلاف الخارجي : الاستاذ المهندس حلمي اللموشي
مسؤول الاعلامية : المهندس عماد بالهاشمي
الهيأة الاستشارية
االبروفيسير عبد العزيز داود / تونس
الدكتور عبد صالح فياض / العراق
الدكتور محمد نجيب بالحبيب / رئيس المدرسة العليا للتكنولوجيا
البروفيسير مهدي قالة / الجزائر
البروفيسير فيليب دي بوا / فرنسا
البروفيسير الان اوثمان / فرنسا
الروفيسر مصطفى بن بوزيد / تونس

المراسلات
112 نهج راضية الحداد 1001 تونس الجمهورية التونسية
هاتف : 0021671245692 فاكس : 0021671245692
البريد الالكتروني : atigeo_num@yahoo.fr
موقع الواب : www.geosp.net

تعبر البحوث و الدراسات المنشورة بالمجلة عن اراء كاتبيها و لا تعبر بالضرورة عن وجهة نظر هيأة التحرير او مجلس ادارة المجلة

تطبع المجلة بمطابع الديوان الوطني لقيس الاراضي و المسح العقاري / تونس

ISSN 2286 - 5454

دليل النشر

مجلة منشورات علوم جغرافية مجلة علمية محكمة مرخص لها و مودعة تسجيلها بالمحكمة الابتدائية بتونس تحت عــدد 58556 بتاريخ 13/11/2012 و تحمل الترقيم المعياري الدولي عدد ISSN2286-5454

تختص المجلة بنشر العلوم و البحوث و الدراسات المتخصصة في مجال الجغرافيا و البيئة و تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد و العلوم ذات العلاقة و هي ذات توجه حر تمكنك من سرعة النشر و بصفة دورية متواصلة على مدار السنة و بعديد اللغات و تفتح لك باب الإبداع العلمي و التواجد العالمي و تمكنك من التعرف المباشر على أخر الإضافات و الاعمال العلمية إقليميا و دوليا و تفتح لك ابواب النشر العلمي على المستوى الدولي و تساهم في الرفع من ترتيبك الاكاديمي.

تقبل المجلة النشر في مختلف المجالات و الميادين العلمية ذات البعد الجغرافي و البيئي و مختلف العلوم و التطبيقات ذات العلاقة باستخدام التقنيات الحديثة في مجال البحث .

مجالات النشر بالمجلة:

تقبل جميع البحوث و الدراسات و اوراق العمل و المقالات للنشر بالمجلة ضمن التخصصات العلمية التالية:

-1 تكنولوجيا الجيوماتيك و تطبيقاتها المختلفة

- نظم المعلومات الجغرافية/الخرائطية / الصور الجوية/الصور الفضائية/أنظمة التموقع عبر الأقمار

-2 العلوم الجغرافية / الجغرافية الزراعية،الجغرافيا السكانية/المدن/التنمية/الجغرافيا الصناعية،البشرية،الحيوية / .....

-3 علوم المياه و التربة

-4 دراسات علم المناخ و التغيرات المناخية والتصحر و الصحراء و الكوارث الطبيعية

-5 الجيولوجيا والجيومورفولوجيا

-6 علوم البحار و المحيطات والمسطحات المائية

-7 التحطيط الحضري و العمراني

-8 النقل و التنقل

-9 الدراسات البيئة

-10 الدراسات السياحية و الاركولوجية

-11 الدراسات و المقالات المجتمعية و الدراسات السكانية و البشرية.

بالإضافة إلى مختلف الدراسات و المقالات العلمية ذات العلاقة بمجالنا الترابي إقتصاديا و إجتماعيا و بشريا و ثقافيا و مختلف المجالات ذات العلاقة بالعلوم الجغرافية و الجيوماتيك و تطبيقاتهما المختلفة .

Summary

Water potential in HillField side slope in Ireland

Aboufayed, Abdulfatah ……..1

Finding Chalcis ad Libanum:A GIS-based Approach

Georges Abou Diwan ……15

LA SUBURBANISATION D'ALGER, UN PHENOMENE ANCIEN DE DYNAMIQUE PARTICULIERE ET D'UN ETALEMENT URBAIN EN QUETE D'IDENTIFICATION ET DE MAITRISE

Mme AMIRECHE Louisa M.C.A……..34

DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DE LA TEMPERATURE ATMOSPHERIQUE DANS LA ZONE URBAINE DE ZAHLE (BEKAA MOYEN)

Zein Eddin. Rabih……...89

Summary

Utilisation des données satellitaires dans l'étude de l'ilot de chaleur pour la région de Beyrouth.

Samar C. Sakr……...103

Etude de la corrélation entre la morphométrie du réseau hydrographique et la vulnérabilité à l'inondation des bassins versants

Ibtihaj Noaman (1), Mhamad El Hage (2), Fadi El Naghi(3)……..117

اقتراح منهجية لتحسين بيانات ملفات نماذج الارتفاع الرقمي (DEM) ومخرجاتها.

أ.د بهجت محمد* د. أيهم رزق**.....134

الخصائص الجيومورفومترية لكهوف قضاء دهوك دراسة في البيئة الكارستية

أ.د. أحمد علي حسن البياتي.....148

Water potential in HillField side slope in Ireland

Aboufayed, Abdulfatah

Soil and water Dept Faculty of Agriculture University of Tripoli, Tripoli-Libya.

Abstract

The monitoring periodshows that the matric potential (Ψm) in the Hill Field increased with depth during winter time and vice versa in summer. It appears that the transition occurred in the first three weeks of May through the soil remained wetter at depths of 70and 90cm in the lower stations (4 and 5) but not for the top stations. In summer, the soil was wetter at 30 cm depths after heavy rainfall but the effect did not go deeper than 50 cm**.** The total water potential (Ψw) is the driving force of water flow, at the same depth in the different stations (slope position) showing that the general direction of water flows is from the top to the bottom of the field. Although the (Ψm) was high at the bottom of the field for depth 5 cm, the total water potential (Ψw) was lower at bottom and higher at the top field.

Key words: Water, Potential, Water potential, Total water potential, Matric potential,

I. Introduction

Water flow in soil occur under both saturated and unsaturated condition saturated conditions occur below the water table while unsaturated condition predominate above the water table (the vadose zone), localized zones of saturation can exist especially following precipitation or irrigation [7].The movement of water in soil is related to energy phenomena. Different kinds of energy are involved including potential energy and kinetic energy. The difference in energy level of water in soil from one site (wet soil) to another (dry soil) determines the direction and rate of water movement in soil. Determination of the absolute energy level of soil water is a difficult and sometimes impossible task. Fortunately, it is not necessary to know the absolute energy level of water to be able to predict how it will move in soil. Relative values of soil water energy are all that is needed. Usually the energy status of soil water in a particular location in the profile is compared to that of pure water at standard pressure and temperature, unaffected by the soil and located at some

reference elevation. The difference in energy levels between this pure water in the reference state and that of the soil water is termed soil water potential, the term potential, like the term pressure, implying a difference in energy status [2]. The soil water potential is due to several forces, each of which is component of the total soil water potential Ψ_t .These components are due to differences in energy levels resulting from gravitational, matric, submerged hydrostatic and osmotic forces and are termed gravitational potential Ψ_g, matric potential Ψ_m, submergence potential, and osmotic potential Ψ_o, respectively. All of these components act simultaneously to influence water behavior in soils. The general relationship of soil water potential to potential energy levels is expressed as: $\Psi_t = \Psi_g + \Psi_m + \Psi_o$ [2]. Where matric potential Ψ_m is used in estimating total water potential under unsaturated condition, pressure potential Ψ_p are used under saturated condition. Water potential could be expressed in a variety of units, including energy per unit weight, which effectively is expressed in units of length, and which is referred to as hydraulic head. Total hydraulic head is then given by the sum of the matric head and the elevation head. According to [7], matric potential is the best indicator of soil water status, and the tensiometer the most useful device for monitoring it, therefore it was used in HillField For monitoring soil matric potential the main component of total soil water potential the driving force of water movement in soil under saturated or unsaturated conditions.

II.MaterialsAnd Methods

A. Field site description

The HillField at the UCD Research Farm was chosen as it has the hilly feature, with undulating topography, on which moderate to intensive farming is practised in the drier rainfall areas of Ireland. Historically the field was included in the tillage rotation of the farm, but it has been in permanent grass for the last 25 years. The field is roughly square in shape, and occupies an area of approximately 4.5 ha with elevation ranging from 71 to 76 m O.D. (Fig 1). Two distinct soils have been mapped in the field by **[5]** One (Inceptisols) is found mainly at elevations above 73.2 m O.D. It is a deep, moderately stony, well-drained soil formed on predominantly limestone till. **[5]** has classified it as a Grey Brown Podzolic (Hapludalf) with a minimally developed textural B horizon covered the bottom of the field. The texture varies from loam to sandy clay loam within the profile. The surface horizon (Ap) is dark brown in colour, and has a uniform depth (27- 30 cm) with predominantly crumb structure. The

underlying Bt horizon is brown to brownish black in colour, with strong blocky structure, and evidence of illuvial clay.

B. Field Survey

The Hill Field was surveyed using standard GPS techniques with the captured data processed cartographically by AutoCAD 14 (Fig 1).

During September and October 2003 four monitoring stations were set up in the HillField at meter contour intervals at the locations shown in Fig. 1. Tensiometers were installed in pre-drilled holes at depths of 30, 50, 70 and 90 cm in each Station.

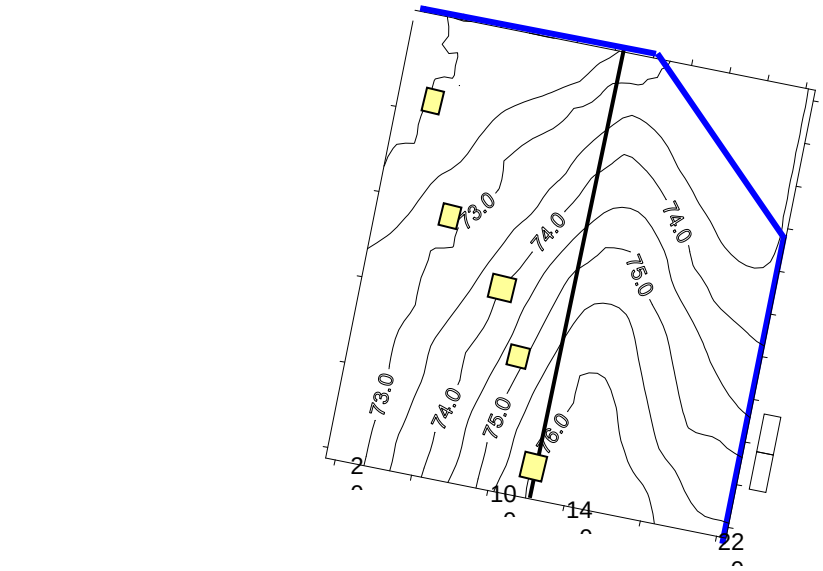


Fig. 1 Shows contour lines and five stations and the drainage canal on the Hill-Field

C. Preparation and installation of tensiometers

The bungs were removed; then tensiometers were soaked for 8 hours in a container of de-gassed water. After soaking, the tensiometer were taken out of the water and allowed to drain through the ceramic cup for around 30 min. After then refilled with de-gassed water, and the silicone bungs replaced, the ceramic cups of the tensiometers were wrapped in paraffin film until installation in the field. Weekly readings of soil matric potential (-cm) were taken by insertion of the hypodermic needle of a

tensimeter (SMS2500S) through the silicone bung and recording the reading displayed.

III. Results and discussion

A. Climate of Lyons Estate

Relatively warm waters and prevailing south-westerly winds coming from the Atlantic Ocean give Ireland an equable climate with fairly uniform temperatures over the whole country. The general impression is that it rains quite a lot of the time in Ireland but in fact two out of three hourly observations will not report any measurable rainfall. The average number of wet days (days with more than 1mm of rain) ranges from about 150 days a year along the east and south-east margins, to about 225 days a year in parts of the west. Average hourly rainfall amounts are quite low, ranging from 1 to 2 mm, short-term rates can be much higher; for example, an hourly total of 10 mm is not uncommon and total of 15 to 20 mm in an hour may be expected to occur once in 5years, hourly total exceeding 25 mm are rare in this country and when they do occur they are usually associated with heavy thunder storms**[6]**. The number of wet and very wet days is becoming of more interest to many people, knowledge of the likelihood of days with 5, 10, 15 or more millimeters of rain in a day is needed by those who manage and monitor runoff from land and pollution of water. A value of 10 mm of rainfall or more has been used to define the standard of very wet day, long-term records collected by the meteorological service show that Delphi Lodge in west Mayo is amongst the highest in this scale with 88 days and Casement Aerodrome (near Dublin) the lowest with a mere 17 very wet days per year on average **[2]**.

B.Rainfal and evapotranspiration

Lyons Estate situated within twenty miles of the Irish Sea, has a typical maritime climate, with relatively mild, moist winters and cool, cloudy summers. It has a lower average rainfall and longer periods of bright sunshine than most other parts of Ireland. Data obtained from the synoptic weather station at Casement Aerodrome, about 6 km from Lyons Estate, shows that the farm is situated in one of the lowest rainfall areas in the country, with total mean annual rainfall being just over 700 mm. While the figures show no marked periodicity, on average, the driest months are April and July, with December and January being the wettest. The estimates of mean annual potential evapotranspiration for the area around Lyons Estate fall in the range 400-450 mm, approximately 80% of which occurs in the April to September period. The

excess of rainfall over evapotranspiration results in an annual water surplus of approximately 300 mm, which is predominantly confined to the winter period. The level of surplus water available to leach through the soil profile is quite low compared to other parts of the country, for example along the west coast or on high ground such as the Wicklow mountains, a surplus of 1200-1600 mm may occur annually **[4,3]**. The long-term mean and actual monthly rainfall in Casement Aerodrome, nearby the field of study (HillField) in UCD research farm station, and estimated mean Penman potential

	Rainfall in (mm)				ETp
Month	2003/04	2004/05	2005/06	Mean	(mm)
Nov	154.2	43.8	50.6	65.9	3.1
Dec	75.4	51.1	61.9	73.6	0.5

evapotranspiration (ETp) values, for (1970-2000) for Irishmeteorological inland stations are shown in Table I.

TABLE.I. ACTUAL ANDLONG-TERMMEANMONTHLY RAINFALL (mm) AT CASEMENT METEOROLOGICAL STATION AND ESTIMATED MONTHLY ETp VALUES (mm)

Jan	94.4	75.1	17.9	63.9	1.7
Feb	18.4	48.4	40.5	48.6	14.3
Mar	48.5	15.4	53.5	50.3	28.6
Apr	44.4	47.2		50.8	51
May	26.4	49.6		58.1	71.8
Jun	50.7	27.5		52.6	78
Jul	48.2	77.6		46.9	75.6
Aug	113.9	32.1		68.5	60.3
Sep	55.3	50.2		63.3	38.2
Oct	177.4	83.5		68.6	16.5
Annual	907.2	601.5		711.2	439.6

C. Temperature

While the mean daily air temperature at Casement station is 9.3 °C, there is a difference of 10.6 °C between the coldest month, February, (4.6 °C) and the warmest month, July (15.2 °C). The highest mean maximum temperatures occur in July and August (19 °C) with the lowest in January and February (2 °C). Mean daily air temperature recorded at Casement station during study period and the long-term daily mean air temperatures are presented in the Table II.

TABLE. II. MEANDAILY AIR TEMPERATURE (°C) AT CASEMENT METEEOROLOGICAL STATIONDURING THE STUDY PERIOD AND LONG-TERM DAILY MEAN AIR TEMPERATURE(°C).

Year	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
2003/04	7.0	4.9	5.5	4.9	6.6	8.7	11.1	14.6	14.6	16.0	13.9	9.1
2004/05	7.9	6.6	6.8	4.8	7.9	8.4	10.3	17.9	19.1	17.1	14.8	11.4
2005/06	6.1	5.9	5.1	4.7	5.8	8.0						

Mean	6.5	5.4	4.6	4.6	5.9	7.4	10.1	13.1	14.9	14.5	12. 6 10.2

D. Sunshine

At Casement the mean daily duration of sunshine is 3.64 h, with May and June having the longest mean duration (5.6 h) and December the shortest (1.4 h). The mean number of days with no sun follows a similar trend. July is the month with the lowest number of days (1) whereas December has the highest number of days (11) with no sunshine. The duration of sunshine affects the level of solar radiation received. **[3]** showed mean annual solar radiation for the Lyons Estate area to be 10-11 mj/m/day, with a seasonal variation from 2 mj/m/day in December to 20 mj/m/day in June**.**

E. Soil water potential in Hill Field side slope

Water potential is the driving force for water flow.Water potential could be expressed in a variety of units, including energy per unit weight, which effectively isexpressed in units of length, and which is referred to as hydraulic head. Total hydraulic head is then given by the sum of the matric headand the elevation head.

E.1. Soil matric potential in Hill Field side slope

According to [7], matric potential is the best indicator of soil water status, and the tensiometer the most useful device for monitioring it. The pattern of installation of tensiometers in the Hill Field side slope was designed to monitor soil
moisture status from its higher to lower elevations and within the soil profile itself. Initially (November2003) readings were taken at four depths (30, 50, 70 and 90 cm) in four stations located across the field slope. Reading at the fifth Station commenced in November 2004, and tensiometers were replicated at Stations 1, 3 and 5 from that time. Readings of matric potential at 0-5 cm depth in stations 1, 3 and 5 were also taken from November 2004. During the monitoring period, tensiometers were topped-up with de-gassed water as necessary, but during the summer months readings sometimes fell below -750 cm and they effectively became dry and inoperable. This occurred most frequently at shallow depth, especially at the higher elevations towards the top of the field. In general tensiometers reading in the Hill Field support an annual separation into two soil moisture periods, namely, wet from November to April and dry from May to October.

Over the whole monitoring period, even the deepest tensiometers gave negative readings, including those in Station 5 at the lowest point of the field. This means that the water table never entered the soil profile, even though the soil in the vicinity of Station 5 is classified as a Gley (Skeagh). On the other hand, the shallowest tensiometers, at 5 and 30 cm depth, did give readings of zero, or very close to it on several occasions, indicating that the surface layer of the Hill Field was saturated, or nearly saturated episodically which confirm what mention by **[7]** unsaturated condition predominate above the water table (the vadose zone), localized zones of saturation can exist especially following precipitation or irrigation. The seasonal variation in tensiometer readings during the monitoring period for the five stations is clearly evident in Figs 2 to 6.

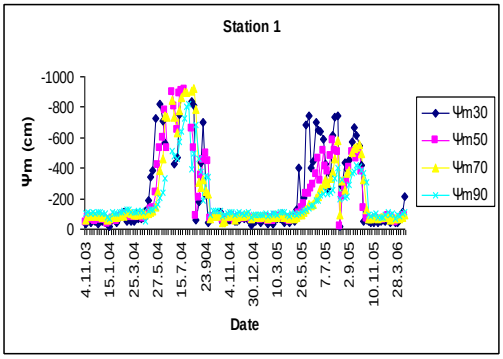


Figure 2 Soil matric potential (Ψm) at different depths in station 1 (HillField)

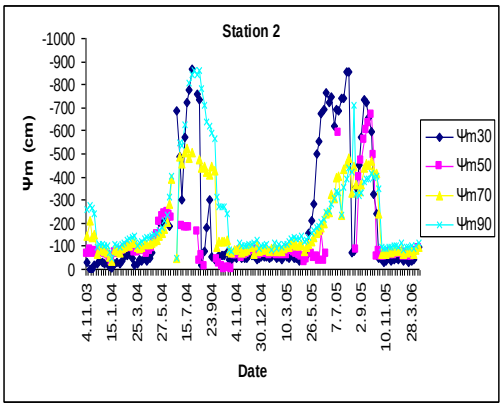


Figure 3 Soil matric potential (Ψm) at different depths in station 2 (HillField)

In general the matric potential in the Hill Field increased with depth during winter time and vice versa in summer. It appears that the transition occurred in the first three weeks of May though the soil remained wetter at depths of 70and 90cm in the lower stations (4 and 5) than in the top stations. In summer, the soil was wetter at 30 cm

depths after heavy rainfall but the effect did not go deeper than 50 cm as for the rain events of 26th Aug 2005 and 4th Aug 2005 (Figs 4 to 7).

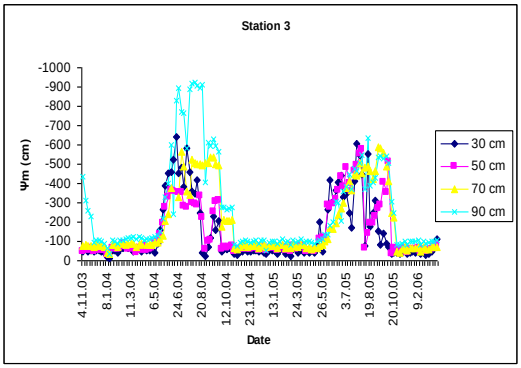


Figure 4 Soil matric potential (Ψm) at different depths in Station 3 (HillField)

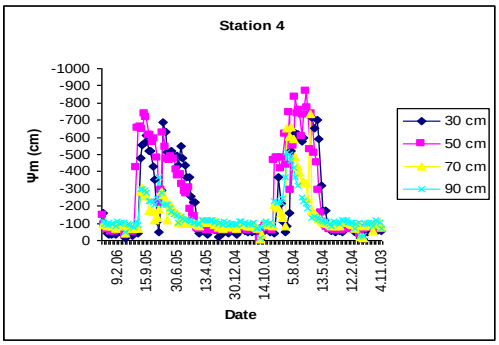


Figure 5 Soil matric potential (Ψm) at different depths in Station 4 (HillField)

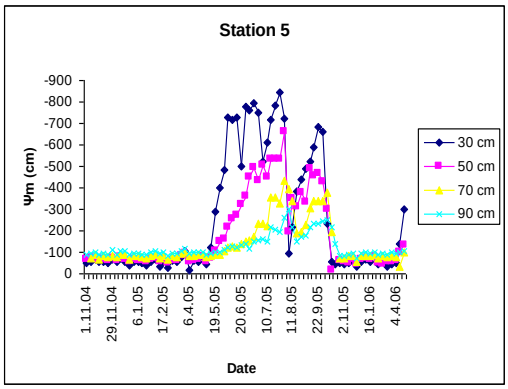


Figure 6 Soil matric potential (Ψm) at different depths in Station 5 (HillField)

The mean of soil matric potential at different depths in the Hill Field stations are shown in Fig.7. Simple linear regression showed that there was no relation between

matric potential at the different depths with rainfall amounts at the nearby Casement Station but it had a good correlation with soil temperature where r=0.82, r=0.77, r=0.81 and r=0.78 between Ψm at depth 30 cm, 50cm, 70cm and 90cm and soil top 10 cm temperature from Casement Station.

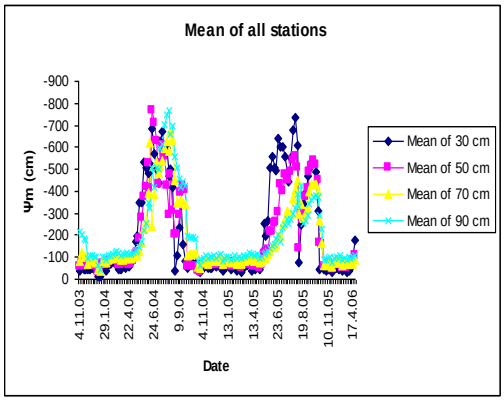


Figure 7 Mean soil matric potential (Ψm) at different depths in HillField stations

E.2. Total water potential (Ψ_w)

Difference in total water potential (Ψ_w) is the driving force for the water flow from point to point; it could be in any direction, but always from the point of high water potential towards the lower one. Assuming no change in osmotic potential, the total water potential at any point is the algebraic sum of matric potential at that point and its gravitational potential at that point, with reference to a convenient arbitrary datum line. Water potential may be expressed in a variety of units, including energy per unit weight, which effectively is expressed in units of length, and which is referred to as hydraulic head. Total hydraulic head is then given by the sum of the matric head and the elevation head. Using the ground surface of the Hill Field at Station1 as the datum line, Fig 8 shows the mean value for total hydraulic head varied with depth during the monitoring period. The values indicate that downward movement of water was favored in winter time, while the direction was upward in summer time.

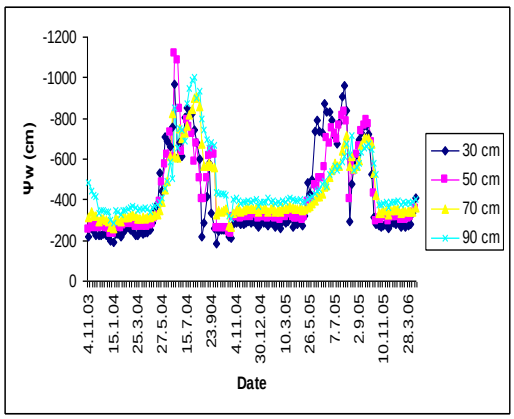


Figure 8 Seasonal variation in mean total water potential (Ψ_w) at different depths in HillField

The graphs below (Figs 9 to 14) shows seasonal change in total water potential (driving force of water movement, Ψw) at the same depth in the different stations (slope position) showing that the general direction of water flows is from the top to the bottom of the field.

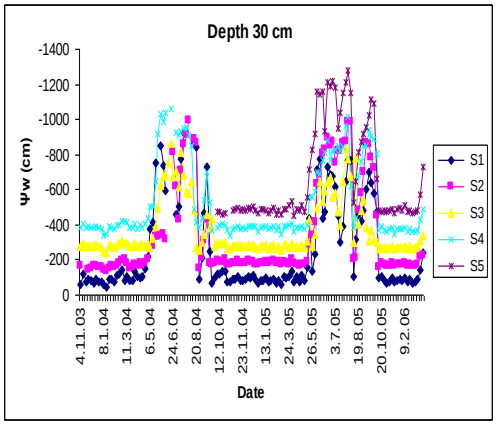


Figure 9 Mean of total water potential at 30 cm depth in HillField stations

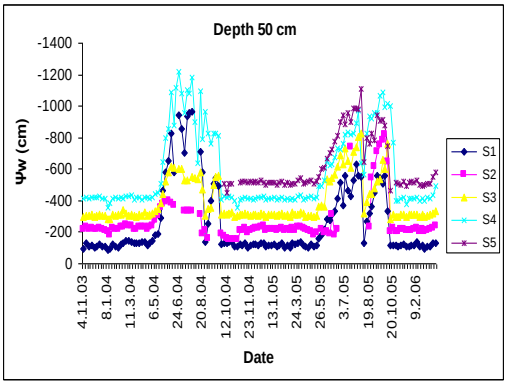


Figure 10 Mean of total water potential at 50 cm depth in HillField stations

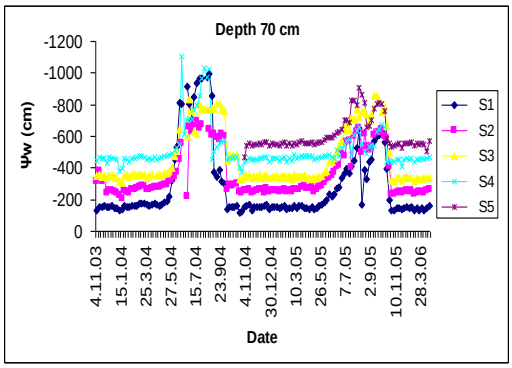


Figure 11 Mean of total water potential at 70 cm depth in HillField stations

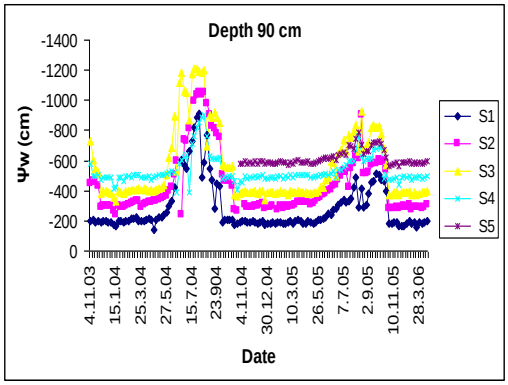


Figure 12 Mean of total water potential at 90 cm depth in HillField stations

Matric potential at 5 cm depth was variable as shown in Fig 13. There was a tendency for it to be higher in Station 5 at the bottom of the Hill Field where the organic matter content was higherthis confirm what mention by [1] The soil moisture contents in top 5 cm show that bottom site of the Hill Field had higher soil moisture content than the middle and top sites during the whole period of monitoring. Although the Ψm was high at the bottom of the field, the total water potential (Ψw) was lower at bottom and higher at the top field stations, as shown in the Figure 14.

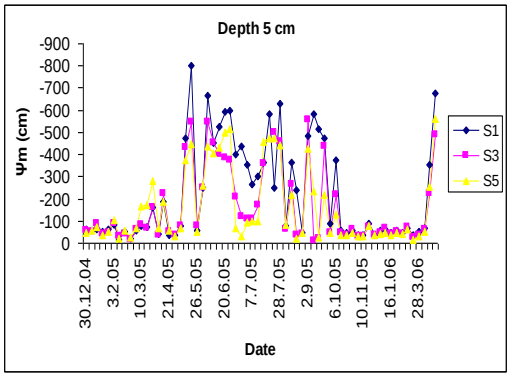


Figure 13 Matric potential (Ψm) at 5cm depth (station 1,3 and 5) in HillField during the monitoring period from 30.12.04up to 30.4.06

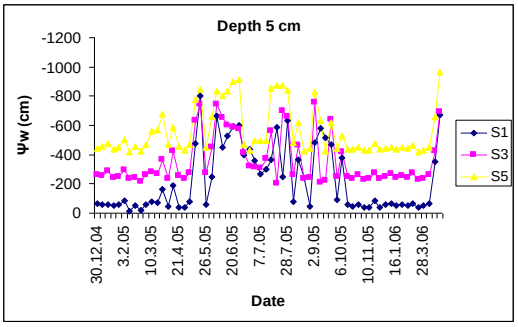


Figure 14 Total water potential (Ψw) at 5cm depth (Station 1, 3 and 5) in the HillField during the monitoring period

IV. Conclusion

Water potential is the driving force for water flow from point of high water potential to another point of low water potential. Over the whole monitoring period, even the deepest tensiometers gave negative readings, including those in Station 5 at the bottom of the field. This means that the water table never entered the soil profile. On the other hand, the shallowest tensiometers, at 5 and 30 cm depth, did give readings of zero, or very close to it on several occasions, indicating that the surface layer of the Hill Field was saturated, or nearly saturated episodically. The tensiometer readings show seasonal variation during the monitoring period for the five stations. In general the matric potential in the Hill Field increased with depth during winter time and vice versa in summer. It appears that the transition occurred in the first three weeks of May though the soil remained wetter at depths of 70and 90cm in the lower stations (4 and 5) than in the top stations. In summer, the soil was wetter at 30 cm depths after heavy rainfall but the effect did not go deeper than 50 cm as for the rain events of 26th Aug 2005 and 4th Aug 2005. Using the ground surface of the Hill Field at Station1 as the reference datum line, shows that the mean value for total water hydraulic head varied with depth during the monitoring period. The values indicate that downward flow of water was favored in winter time, while the direction was upward in summer time. There was a tendency for the matric potential at depth 5cm to be higher in Station 5 at the bottom of the Hill Field where the organic matter content was higher. Although

the Ψm was high at the bottom of the field, the total water potential (Ψw) was lower at bottom.

5. Refrences

[1] Aboufayed, A, F., (2013). Soil moisture content in HillField side slope. World Academy of Sience Engineering and Technology. Vol;75, pp;1405-1409.

[2] Brady, N. C. and Weil, R. R. (2002). The nature and properties of soils 13th (eds), Prentice Hall.

[3] Collins, J. F. and T. Cummins. (1996). Agroclimatic Atlas or Ireland. AGMET, c/o Met Eireann, Dublin.

[4] Culleton, E. J. and Gardiner, M. J. (1985). Soil formation. In: Edwards and Warren (eds), The Quaternary History of Ireland. Academic Press. London.

[5] Lalor, S., (2004) Soils of UCD research farm, Lyons Estate. Unpub M. Agr. Sc. Thesis, UCD.

[6] Met Eireann Staff, (2004). Thirty year averages for Casement Aerodrome, www.meteeireann.ie/climate/casement.asp(20/4/2004)

[7] Warrick, A. w.(ed) (2001). Soil Physics Companion. CRC. London.

Finding Chalcis ad Libanum: A GIS-based Approach

Georges Abou Diwan[1]

ABSTRACT

Chalcis ad Libanum was the ancient capital of the Iturean rulers of the 1st century BC. The location of this ancient agglomeration remains controversial to this date. This is mainly due to the scarcity of historical records and the lack of archaeological evidence. An interdisciplinary approach is adopted in this study to identify potential locations for Chalcis by cross-referencing the geographic data provided by textual sources with geospatial analysis. The first step consists in establishing a predictive model of the road connecting Heliopolis (Baalbak) to Abila (Souk Wadi Barada) using Least Cost Path Analysis (LCPA) given that, according to textual sources, Chalcis is very likely to have been located at a close distance of this road. The following step consists in conducting a suitability analysis based on the evaluation of four criteria: the Topographic Position Index (TPI), the proximity to water sources, the proximity to Least Cost Path (LCP), and the Aspect. The derived suitability map enables a detection of the most appropriate locations in which Chalcis was probably established.

Keywords: *Roman Roads, Least Cost Path Analysis (LCPA), Suitability Analysis.*

1. INTRODUCTION

Chalcis ad Libanum was the capital of the Iturean tetrarch during the first century BC (Aliquot 1999: 225-237; Myers 2010: 82-101). The exact location of this city remains an unsolved riddle, although much has been written in this regard. R. Dussaud was one of the first scholars to address this issue and suggest the site of Aanjar in Central Bekaa as a probable location of Chalcis (Dussaud 1927: 83, 289, 399, 400-402, 405). His proposition was followed by others (Jones 1937: 256; *IGLS* VI: 30; Schmitt 1982: 111). However, the archaeological excavations conducted in this locality revealed features and structures dating back exclusively to the Umayyad Period (Will 1982:141). Majdel Aanjar is another localization that has also been proposed by numerous specialists (Rey-Coquais 1964: 290, note no. 1; Seyrig 1971: 347, note no. 1; Aliquot 1999: 230; Butcher 2003: 93; Gatier 2002-2003: 121; Gatier 2003: 108-111). The advocators of this supposition consider that the

[1]Lebanese University (georges.aboudiwan@ul.edu.lb).

topographic position of Majdel Aanjar is in line with the description of Strabo of Chalcis as ‘’Acropolis of the Massyas’’(Bekaa). Aliquot notes furthermore that the proximity of Majdel Aanjar to the road connecting Beirut to Damascus makes it compatible with Josephus’s description of Chalcis as an intermediate station in Pompey’s march against Damascus (Aliquot 1999: 230). This evidence seems however unlikely on the one hand since the road connecting Beirut to Damascus passed by Heliopolis (Baalbak) as indicated in the Peutinger map and the Antonine itinerary, and on the other, since Pompey passed through Heliopolis (Baalbak) before reaching Chalcis. Other localities have also been suggested as a potential location for Chalcis: the area around Serghaya (Will 1982), Chadoura (Ghadban 1987: 222, note no. 10), the area around Serraain (Rey-Coquais 1981: 172; Khalil 2009: 110-113), Kamid el-Loz (Reynolds 2003: 125), Zahleh and El Karak (Aliquot 1999:228). However, if we set aside the assumption of Will which seems solidly supported by the indication provided by written sources, most of the remaining propositions do not seem to be based on a firm methodological basis. Therefore, we establish in the present study, a new approach for locating the lost city of Chalcis based on combining historical data with a geospatial analysis in a GIS environment (Figure 1).

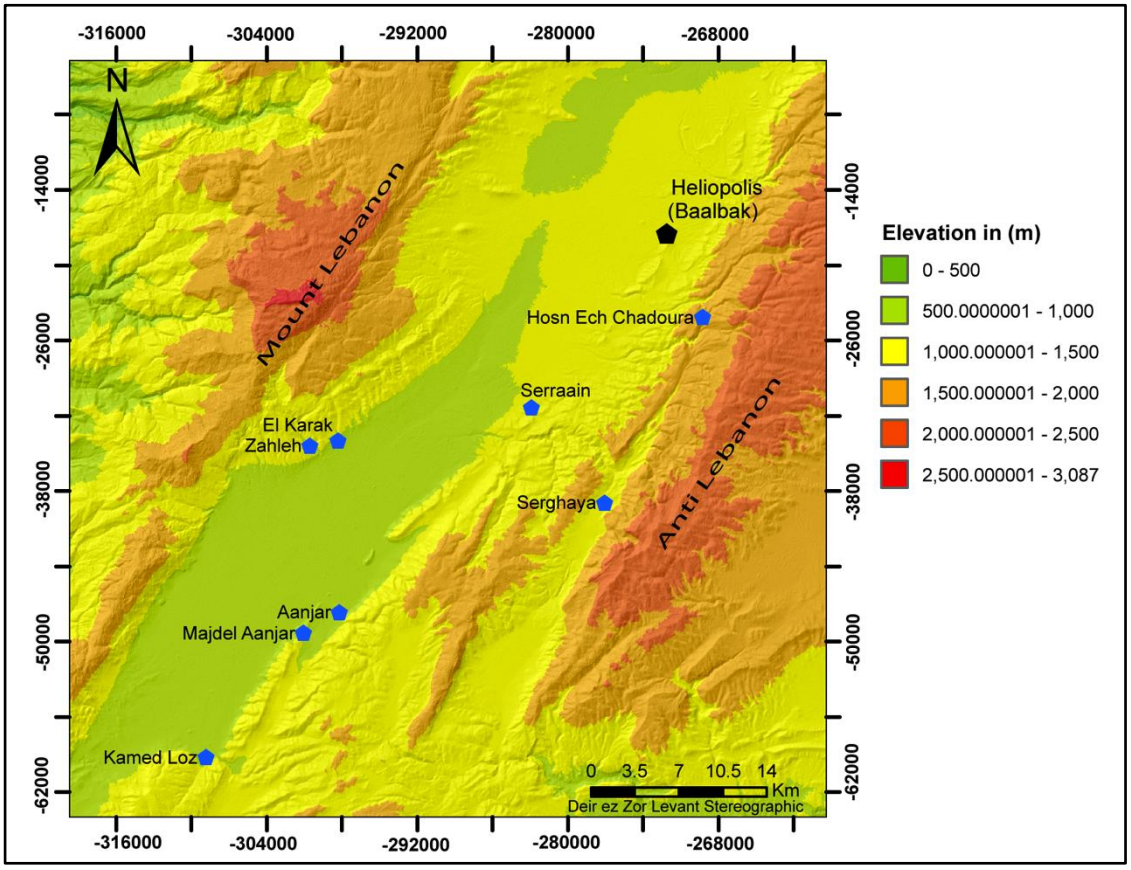


Figure 1: Map showing the different suggested locations of Chalcis ad Libanum

2. GEOGRAPHIC INDICATIONS PROVIDED BY TEXTUAL SOURCES

Two main textual sources dating back to the Roman period provide some useful geographic indications to the location of Chalcis. Strabo stands as the most prolific provider of information in this regard. The geographer locates Chalcis at no great distance of Heliopolis (Geog. 16.2.10) "At no great distance were Heliopolis and Chalcis, which were subject to Ptolemy, son of Mennæus, who possessed the Massyas and the mountainous country of the Ituræans ." Strabo (Geog. 16.2.18) provides a further topographic indication by describing Chalcis as the "Acropolis of the Massyas", in other words, the Bekaa valley. "Next to the plain of Macras is that of Massyas, which also contains some mountainous parts, among which is Chalcis, the acropolis, as it were, of the Massyas." Josephus (AJ.XIV.3.2) provides complementary information in his description of Pompey's march over Damascus. The author says that the Roman general "… had passed over the cities of Heliopolis and Chalcis, and got over the mountain which is on the limit of Colesyria, he came from Pella to Damascus…" The sequence of description indicates that Chalcis is located south of Heliopolis on the path connecting the latter city to Damascus. Hence, the reconstruction of the road layout between both cities will undoubtedly authorize us to narrow the area of investigation further. However, to model the path taken by the Roman general one must examine first the validity of Josephus's description concerning the mention of Pella (Tabaqat Fahl) as an intermediate station before reaching Damascus. Thomsen has previously amended the toponym Pella to Abila (Souk Wadi Barada) (Thomsen 1907: 7), and his suggestion was followed by Dussaud and Will (Dussaud 1927: 289 note no. 2 and Will 1982: 142). However, none of these authors explains this rectification. A thorough inspection of Josephus's description reveals a glaring inconsistency between the location of Pella (Tabaqat Fahl) in the Jordan valley and the passage of the Anti-Lebanon range. As Pompey has crossed the Anti-Lebanon, he would have logically reached Damascus before Pella. On the other hand, if Pella (Tabaqat Fahl) were the intended city, visited by the Roman general before reaching Damascus, he would have logically bypassed the Anti-Lebanon range by heading south through the Bekaa valley. Pella (Tabaqat Fahl) should, therefore, be discarded as a potential location given the discrepancies above. The rectification made by Thomsen seems plausible especially if we take into account the *segmentum X* of the Peutinger map (Miller 1916; Talbert 2010) and the Antonine itinerary (Cuntz and Wirth 1990) where both documents designate Abila (Souk Wadi Barada) as an intermediate station on the road connecting Heliopolis (Baalbak) to Damascus (Figure 2). The itinerary taken by Pompey in his march towards Damascus should be therefore consistent with the road itineraries in use during the Roman period.

Determining the layout of this path is of prime importance for the location of Chalcis since the latter city should stand at a close distance of this path.

Figure 2: Part of the Segmentum X of the Peutinger map showing the road itinerary connecting Heliopolis (Baalbak) to Abila (Souk Wadi Barada). After Miller 1916: 825.

3. GIS ANALYSIS

3.1. Methodology

We have adopted in this study an interdisciplinary approach for identifying potential locations for the establishment of Chalcis relying on cross-referencing the geographic data provided by textual sources with a geospatial analysis in a GIS environment. The first step consists in defining the area of investigation as indicated by historical accounts. This area will then be thoroughly analyzed based on evaluating various geomorphometric aspects of the land surface. The identification of the ancient Iturean capital will be based on the following general criteria: 1) At a close distance of the road connecting Heliopolis (Baalbak) to Abila (Souk Wadi Barada) considering Josephus's description of Pompey's march over Damascus. 2) On highlands overlooking the Bekaa and most probably Heliopolis (Baalbak) based on Strabo's description. 3) In the proximity of water sources. 4) Exposed to maximal solar radiation and sheltered from the dominant wind. However, before conducting the evaluation process of these selected criteria, we need to establish a predictive model of the road layout connecting Baalbak to Abila using Least Cost Path Analysis (LCPA).

3.2. Least Cost Path: Heliopolis (Baalbak)-Abila (Souk Wadi Barada)

The use of LCPA for establishing predictive models of ancient roads has been widely used in archaeological research (Verhagen and Jeneson 2012; Güimil-Fariña and Parcero-Oubiña 2015; Schild 2016; Abou Diwan and Doumit 2017; Herzog 2017; Supernant 2017). Different cost components have been tested and implemented (Herzog 2013). However, slope-based cost functions remain the most commonly used in archaeological LCP modelling (Herzog and Posluschny 2008). Three anisotropic slope based cost functions were tested for modelling the LCP using the Pathdistance (Spatial Analyst) tool in ArcGIS 10.2: the Tobler hiking function (Gorenflo and Gale 1990)[2], the Pandolf Walking Metabolic Prediction Equation (Pandolf, Givoni, and Goldman 1977)[3], the Llobera and Sluckin Quartic Polynomial Equation (Llobera and Sluckin 2007)[4]as well as the isotropic default cost function in ArcGIS 10.2 software using the Cost distance (Spatial Analyst) tool[5] (Figures 3-5). The cost surface upon which the generation of the LCP is based was extracted using a digital elevation model (DEM) derived from the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) of 30-meter horizontal spatial resolution. This DEM offers a reliable representation of the topography of the study area in the absence of national Lebanese and Syrian DEM (Abou Diwan and Doumit 2017). The use of Aster GDEM also characterized by a relatively high spatial resolution was discarded given the substantial errors encountered in the generated slope map (Herzog and Yépez 2015). These cost functions were also tested by combining them to another component that is hydrographic features (rivers and streams), which might have possibly formed an obstacle for the establishment of paths. This was done by altering the friction map and assigning a slope value equivalent to 15 degrees (0.27 gradient) to a 60 meter buffer zone surrounding all the hydrographic features located within the study area. The purpose is to prevent the LCP which usually run on a moderate slope from following river courses (Güimil-Fariña and Parcero-Oubiña 2015). Hydrographic features such as rivers and streams were generated using the flow accumulation (Spatial Analyst) tool in ArcGIS 10.2 on the selected DEM. Testing the validity of each of the generated paths will be based on its compatibility with historical and archaeological data. Regarding length, the results show that all of the derived LCP produced with the river correction factor are not compatible with the distance indication of 38 Roman miles in the Antonine itinerary for the road connecting Heliopolis (Baalbak) to Abila (Souk Wadi Barada). This distance

[2]The Vertical Factor Table used to convert slope to time using Tobler's hiking function is based on Tripcevich 2009: Time (Hours) To cross 1 Meter = 0.000166666*(Exp(3.5*(Abs(Tan(Radians (Slope_deg))+0.05)))).
[3]Cost(*s*) =1.5W + 2.0(W+L)(L/W)²+ N(W+L)(1.5V² + 0.35Vs). Where s = slope, in percent, W = weight of walker (70 kg), L = load (5kg), V = walking speed (1 m/s), N = terrain coefficient (default: 1).
[4]Cost(*s*) = 1 + (*s* / *š*)². Where s= Slope, in percent and *š* = critical slope with a value of 12, in percent.
[5]The slope raster was reclassified using the Reclassify(Spatial Analyst) tool to 15 class of 5-degree interval.

corresponds approximately to 56 km (Cuntz and Wirth 1990: 27 no.198, 5). Goodchild has formerly emphasized the accuracy of the Antonine itinerary in his research on the Roman coastal road of Phoenicia (Goodchild 1948: 95-6). It should be noted in this regard that the distance indication of 32 Roman miles (48 km) on the Peutinger map is discarded given the several inconsistencies highlighted by Goodchild 1948 and Abou Diwan and Doumit 2017.What is remarkable on the other hand is the similarity between the generated LCP without river correction factor using the Llobera and Sluckin cost function and the reclassified slope raster using the cost distance tool, whose lengths are both in line with the fixed distance in the Antonine itinerary (Figure 6 and Table 1). Although most of the physical remains of the components related to this road such as milestones and bridges are nearly absent, a small rock-cut section of this road remains visible in the landscape above the left bank of the Barada river at a short distance from the town of Abila (Souk Wadi Barada). Two Latin inscriptions engraved in the rock along this road section (*CIL III*, nos. 199-201; Gschwind 2004: 45-47) indicate that the road level seems to have been raised about 40 meters above the river level under Marcus Aurelius and Lucius Verus, between 163 and 165 AD. The purpose was to prevent flooding during wet periods of heavy rainfall.The calculated LCP based on the Llobera and Sluckin equation and the reclassified slope raster without river correction factor seem once again consistent with the archaeological remains as can be seen in table 1 with both of them running at the shortest distance of 73.5 m southeast of the road remains.The Llobera and Sluckin cost function was selected for our analysis given that the ArcGIS path distance tool is capable of computing an anisotropic LCP which takes into account the direction of travel.This path overlaps with rivers and stream courses for a distance of 3713 meters mainly with the Yahfufa river and the Barada river on the western outskirts of Abila (Souk Wadi Barada) (Figure 7).

However, we can tentatively assume that this theoretical path should represent the nearest approximation to the actual road layout connecting Heliopolis (Baalbak) to Abila (Souk Wadi Barada) in the Roman period which seems to have stretched along both rivers. This is further corroborated with the discovery of three milestones during the construction works of the railway line connecting Beirut to Damascus between the Souk Wadi Barada tunnel and the Zerzer Viaduct on the right bank of the Barada river indicating the original layout of the Roman road (Clermont-Ganneau 1898) (Figure 8).

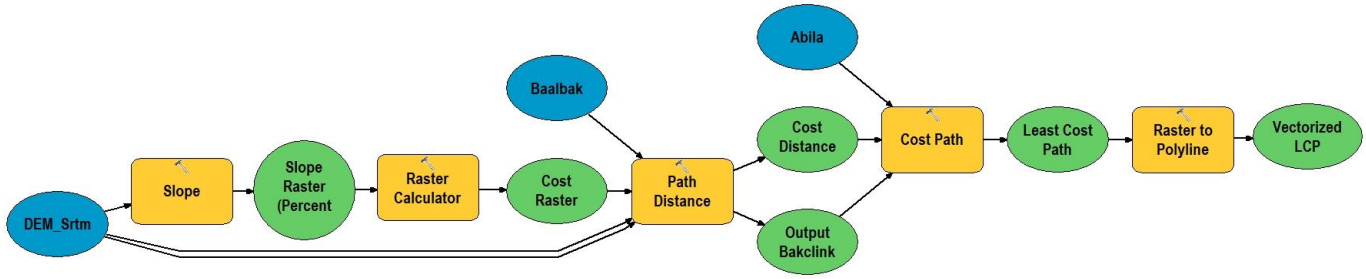


Figure 3: Methodological flow chart for LCP execution using cost function energy expenditure (The Pandolf Walking Metabolic Prediction Equation and the Llobera and Sluckin Quartic Polynomial Equation).

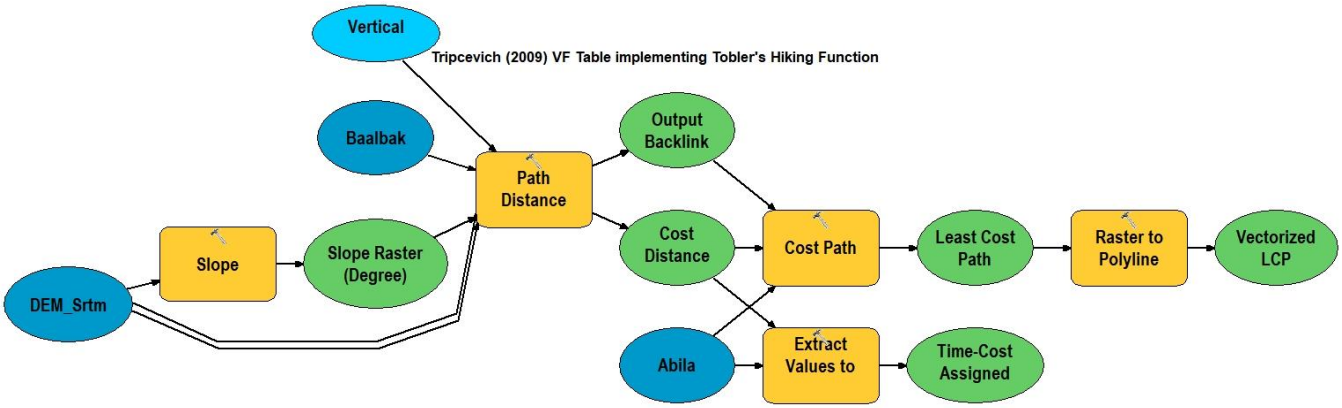


Figure 4:Methodological flow chart for LCP execution using cost function measuring time (Tobler Hiking Function).

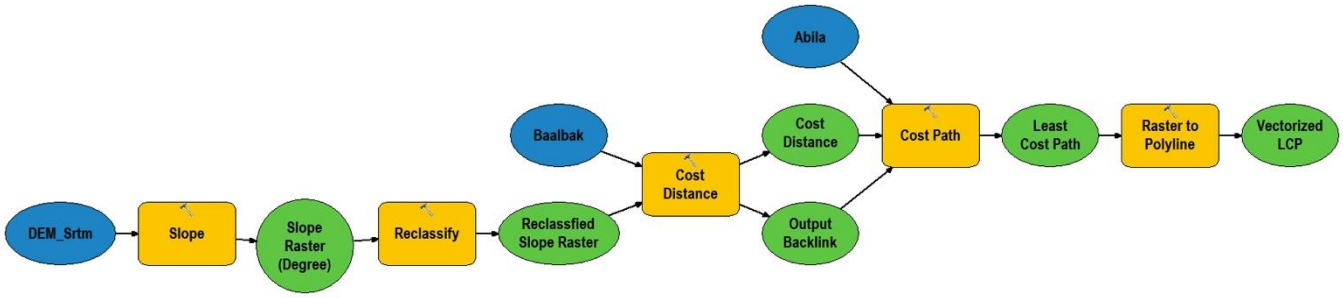


Figure 5: Methodological flow chart for LCP execution using the reclassified slope raster.

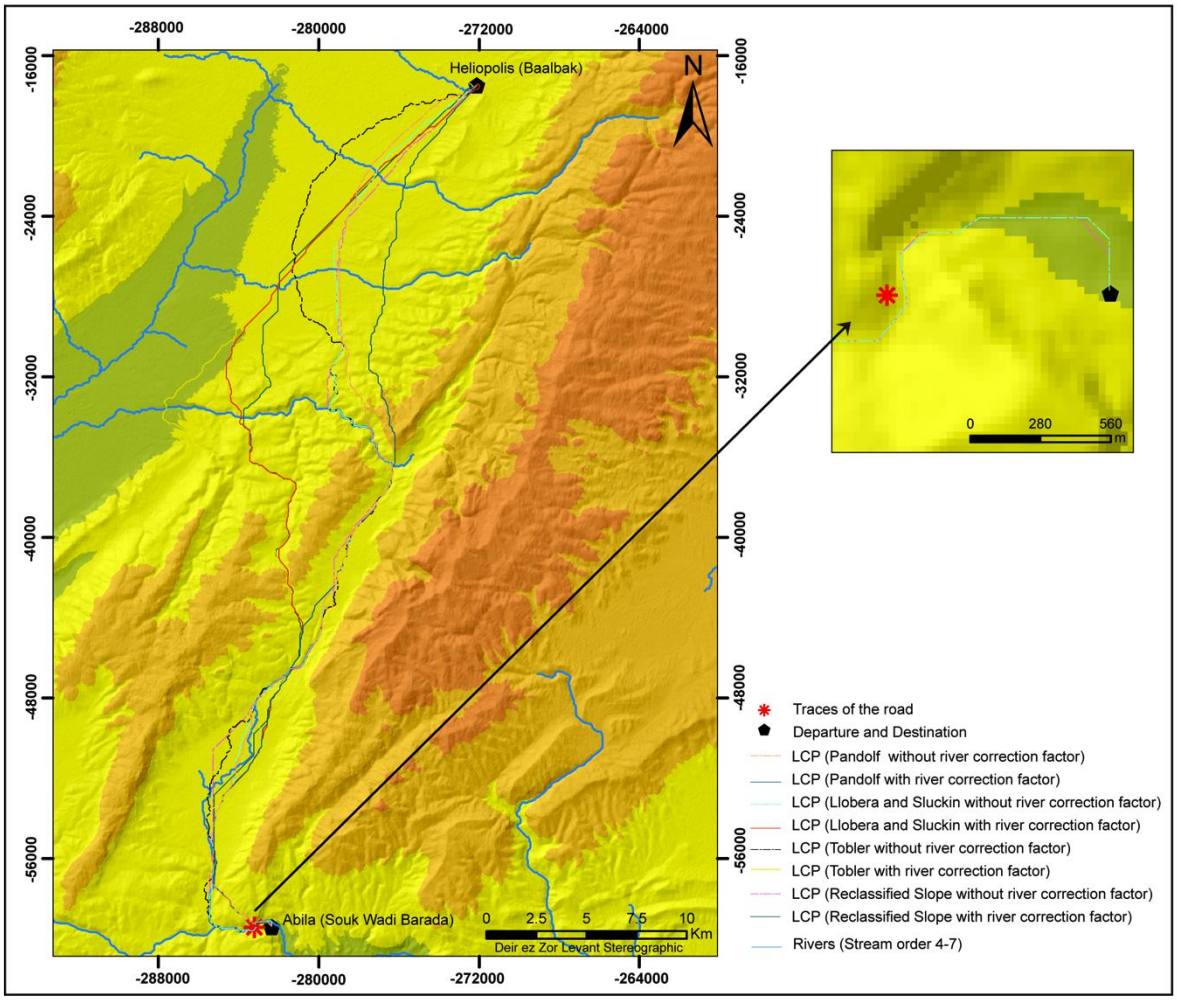


Figure 6: Modelled LCP using different cost functions.

LCP (Cost Function)	Length	Distance from Roman road traces	Overlapping distance with rivers and streams
LCP (Pandolf Path Distance without river correction factor)	52500 m	161.99 m North	1062 m
LCP (Pandolf Path Distance with river correction factor)	50208 m	165.76 m North	0 m
LCP (Llobera and Sluckin Path Distance without river correction factor)	55711 m	73.51 m Southeast	3713 m

LCP (Llobera and Sluckin with river correction factor)	54579 m	165.76 m Northeast	0 m
LCP (Tobler Path Distance without river correction factor)	63305 m	73.51 m Southeast	2754 m
LCP (Tobler Path Distance with river correction factor)	66063 m	147.77 m Northwest	0 m
LCP (Reclassified Slope Cost Distance without river correction factor)	55334 m	73.51 m Southeast	3411 m
LCP (Reclassified Slope Cost Distance with river correction factor)	54047 m	167.067 m North	0 m

Table 1: The length of the different computed LCP, the distances from road traces and overlapping distance with river.

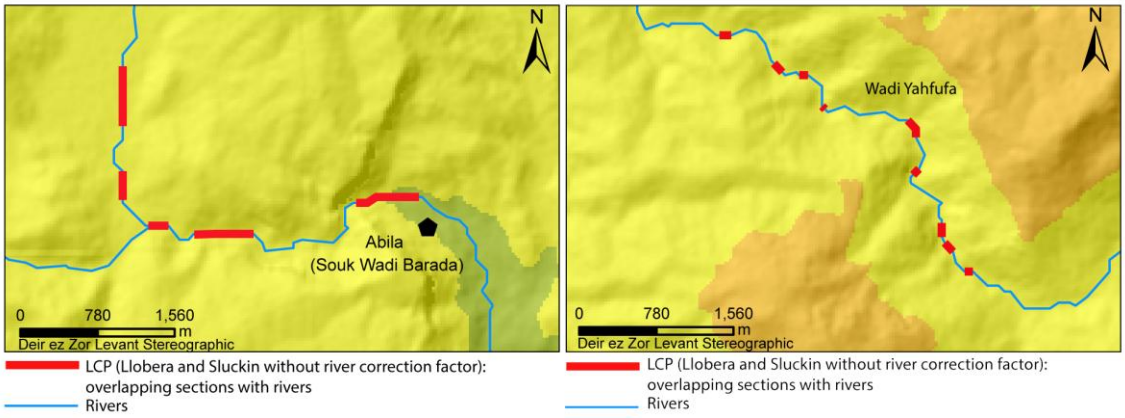


Figure 7: Maps showing the overlapping areas between LCP and rivers.

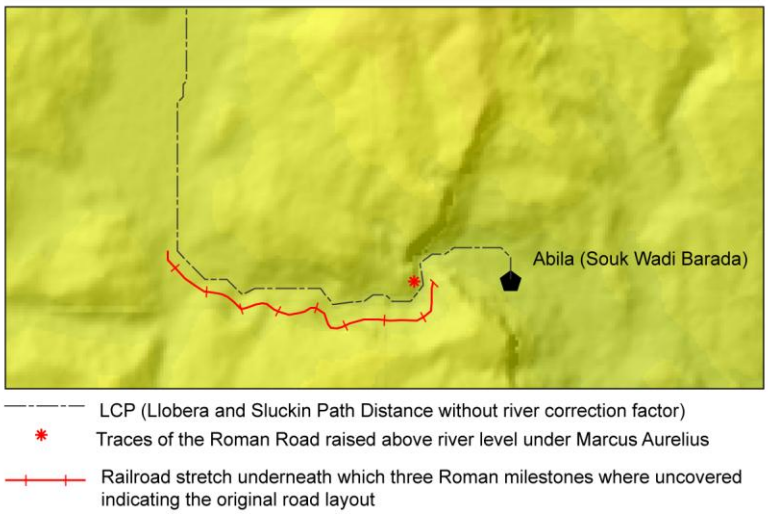


Figure 8: Map showing the LCP in respect to the archeological remains of the Roman road.

3.3. Suitability Analysis

Suitability analysis aims at detecting in a GIS-based environment the most appropriate locations for a specific activity based on the evaluation of numerous correlated criteria (Collins, Steiner, and Rushman 2001; Malczewski 2004). We have selected four main criteria for locating the most suitable areas in which Chalcis is likely to be found based on historical records and geographic axioms (Figure 9). The geographic extent of the area of investigation is delimited to the North by Heliopolis (Baalbak), to the West by the Litani river, to the East by the mountain range overlooking the Bekaa if we take into account Strabo's and Flavius Josephus's descriptions. The Wadi Yahfufa forms the southern limits of this area given that the modelled LCP cuts through this valley (Figure10a). The first selected criterion is the Topographic Position Index (TPI), which addresses whether a site is positioned on the landscape in respect to elevated areas such as ridges and low areas such as valley floors (Guisan, Weiss, and Weiss 1999). This variable is of prime importance if we take into consideration the description of Chalcis as "the Acropolis of the Mayssas" by Strabo. The Topographic Position Index (TPI) "compares the elevation of each cell in a DEM to the mean elevation of a specified neighborhood around that cell" (Weiss 2001). Positive TPI values represent locations that are higher than the average of their surroundings, as defined by the neighborhood (ridges). Negative TPI values represent locations that at are lower than their surroundings (valleys). The TPI was computed using the Topographic Position Index Jenness (Topography) tool in ArcGIS 10.2 within a 100-meter neighborhood radius. The derived map was then reclassified to 10 different classes using the Reclassify (Spatial Analyst) tool. The cells corresponding to values closer to class 10 represent high locations on the landscape, while cells corresponding to values closer to class 1 represent lower-lying areas (Figures10b and 11a). The purpose of the reclassification processes it to establish a common measurement scale for all the selected criteria to perform the weighting and combining process since the generatedraster criteria are in different numbering systems with different ranges. The second most important criterion for locating Chalcis is its proximity to water sources; a map classifying the study area into Euclidean distance ranges from rivers was generated for this purpose. The distance to water sources was computed using the Euclidean distance (Spatial Analyst) tool with a maximum distance of 1 km. The generated map was then reclassified into 10 different classes using the Reclassify (Spatial Analyst) tool with values closer to 10 representing the closest cells to water sources and values closest to 1 representing the farthest cells from water sources (Figures10c and 11b). The proximity to the Heliopolis (Baalbak)-Abila (Souk Wadi

Barada) road forms an important criterion for evaluating Chalcis's location since the latter should be at a close distance range from this road as inferred by the description of Josephus of Pompey's march towards Damascus. The distance to the LCP was also computed and reclassified following the scheme above with a maximum distance of 5 km (Figures 10d and 11c). Aspect is the last variable used in the suitability modelling process. It is defined as the compass direction that a slope faces. In the northern hemisphere, the south-facing slope is usually exposed to more solar radiation than the northern side and better protected from strong winds. (Heilen et al. 2012). Therefore, it is highly probable that Chalcis was located on a South, Southwest or West-facing slope especially if we take into account its high and exposed position in the landscape as can be inferred from Strabo's account. The aspect map was generated using the Surface (Spatial Analyst) tool and reclassified using the Reclassify (Spatial Analyst) tool with two different classes. The Southern, Western and Southwestern facing slopes were assigned a value of 10, and all the remaining directions were assigned a value of 1 (Figures 10e and 11d).

The suitability map was generated using the Weighted Overlay (Spatial Analyst) tool by combining and weighting the aforementioned reclassified raster dataset. The evaluation scale was set from 1 to 10 by 1, and the default setting was accepted for all the previously weighted cell values of all the derived raster dataset except the aspect where value 1was restricted. The highest percentage of influence was assigned to the TPI with 40% since Chalcis's elevated position was highlighted in the historical record followed by the distance to water sources with 30%; The distance to LCP with 20% and the aspect with 10% (Figure 11e).

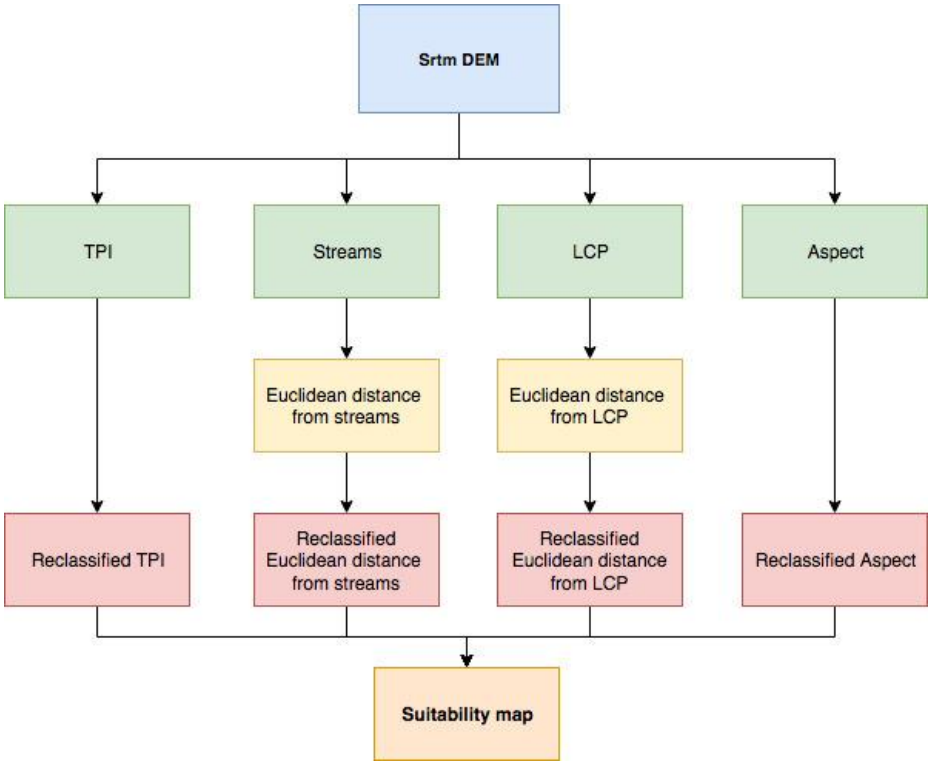


Figure 9: Workflow explaining the process for locating the most suitable areas on which Chalcis was established.

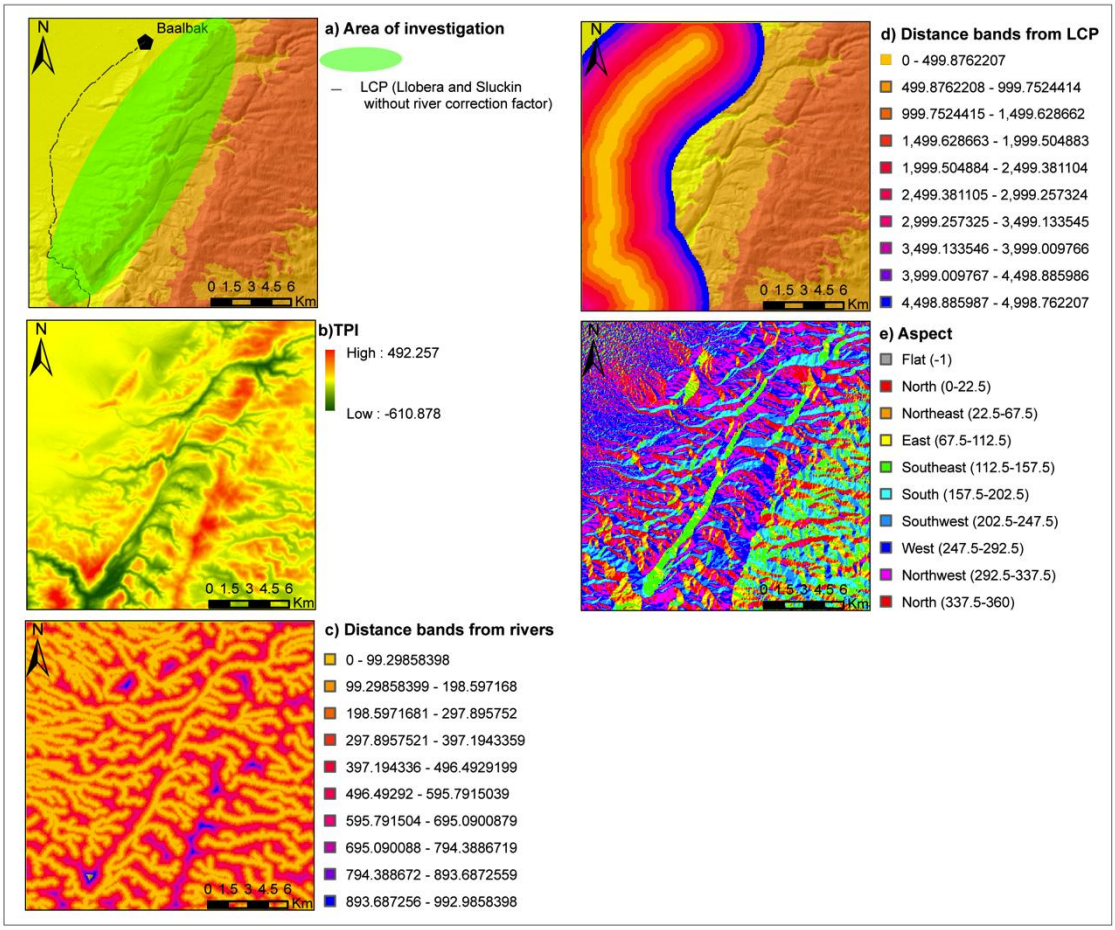


Figure 10: Thematic rasters used for the computation of the suitability map.

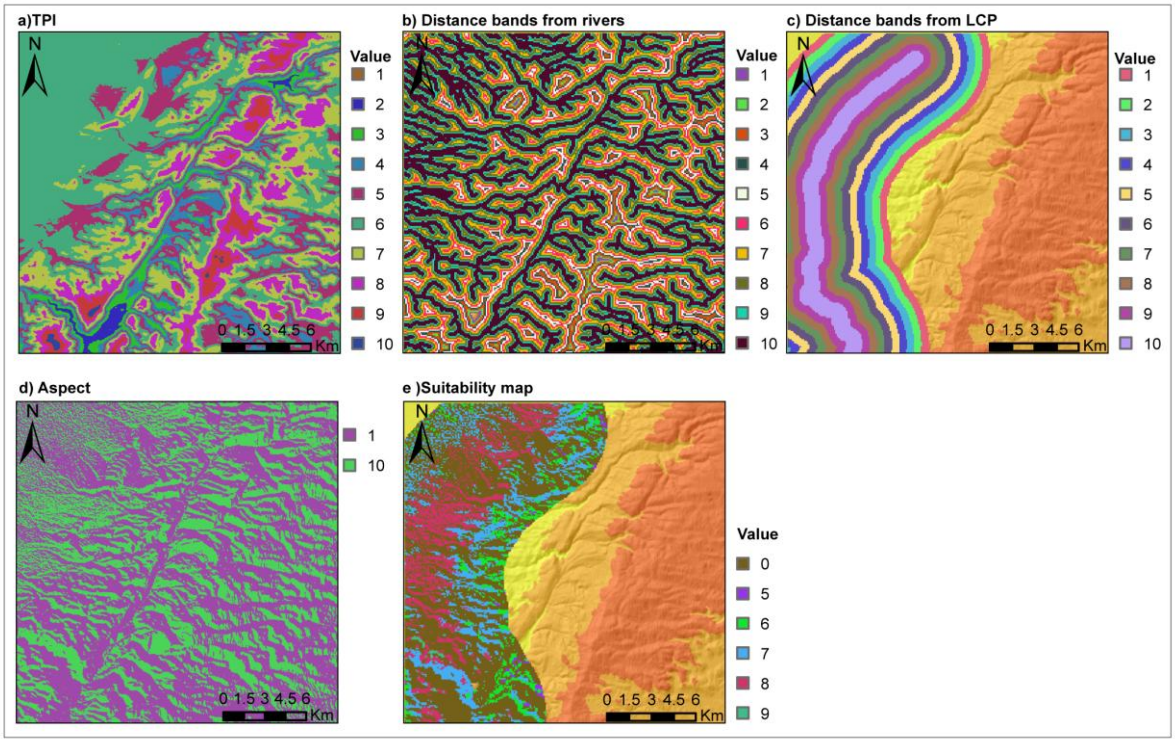


Figure 11: Reclassified thematic rasters used for the computation of the suitability map.

4. RESULTS AND DISCUSSION

The suitability analysis indicates that the area holding the highest value (9) highlighted in red is the most suitable for the establishment of Chalcis. The land surfaces with the second highest value (8) highlighted in blue and extending within the radius of the areas with the highest value also fulfill the predefined criteria (Figure 12). Both areas overlook the Wadi Yahfufa towards the South and North and include localities such as En Nabi Chit to the West, El Khraibeh to the North and Yahfufa to the South. The establishment of Chalcis in this particular zone offers the advantage of controlling the road connecting Heliopolis (Baalbak) to Damascus via Abila (Souk Wadi Barada), which passes through Wadi Yahfufa according to our LCP. The existence of an ancient military post overlooking this valley at the highest point of the ridge, which dominates the village of Nebi Chit, brings further support to this assumption (*IGLS* VI: 224). It is worth reiterating in this connection that the railroad connecting Beirut to Damascus also crosses this valley. It seems to have also been used by travellers during the 19thand early 20th century such as the English traveler Gertrude Lowthian Bell who took this passage on her way from Damascus to Heliopolis (Baalbak) (Bell 1907: 71). During the 16thcentury, the French traveller and naturalist Pierre Belon mentions a locality called Calcous located on the road from Damascus to the Bekaa and whose name could correspond to the Greek toponym Chalcis. The traveller points out Roman ruins and troglodyte dwellings in the vicinity of this site (Belon 1553: 152-154). It is worth noting that Hafez Chehab reports these types of features in the area of Serraain on the road connecting Damascus to the Bekaa through Wadi Yahfufa (Rey-Coquais 1981:172). The latter was described by Mouterde (Mouterde 1951–1952:73-77) as one of the rare entry points through the Anti-Lebanon range. The area surrounding Wadi Yahfufa also matches to a great extent the data provided by the ancient sources regarding distance from Heliopolis (Baalbak), around 16 km, and its high overlooking position in the landscape. The delineated area using geospatial analysis would form the bases for future surface surveys, geophysical surveys or archaeological excavations that might lead eventually to the uncovering of the ruins of the ancient Iturean capital.

5. CONCLUSION

We have attempted in this case study to predict the location of the ancient city of Chalcis ad Libanum using a multi-disciplinary approach which consists of combining historical and archaeological data with the geospatial analysis in a GIS-based environment. It is important to note

that the purpose of the proposed approach consists in locating the most suitable land surfaces on which the ancient Iturean capital was probably established. In this respect, this study does not provide the exact location of this city but contributes in narrowing down the area of investigation and forms the basis for any potential archaeological ground surveys or excavations.

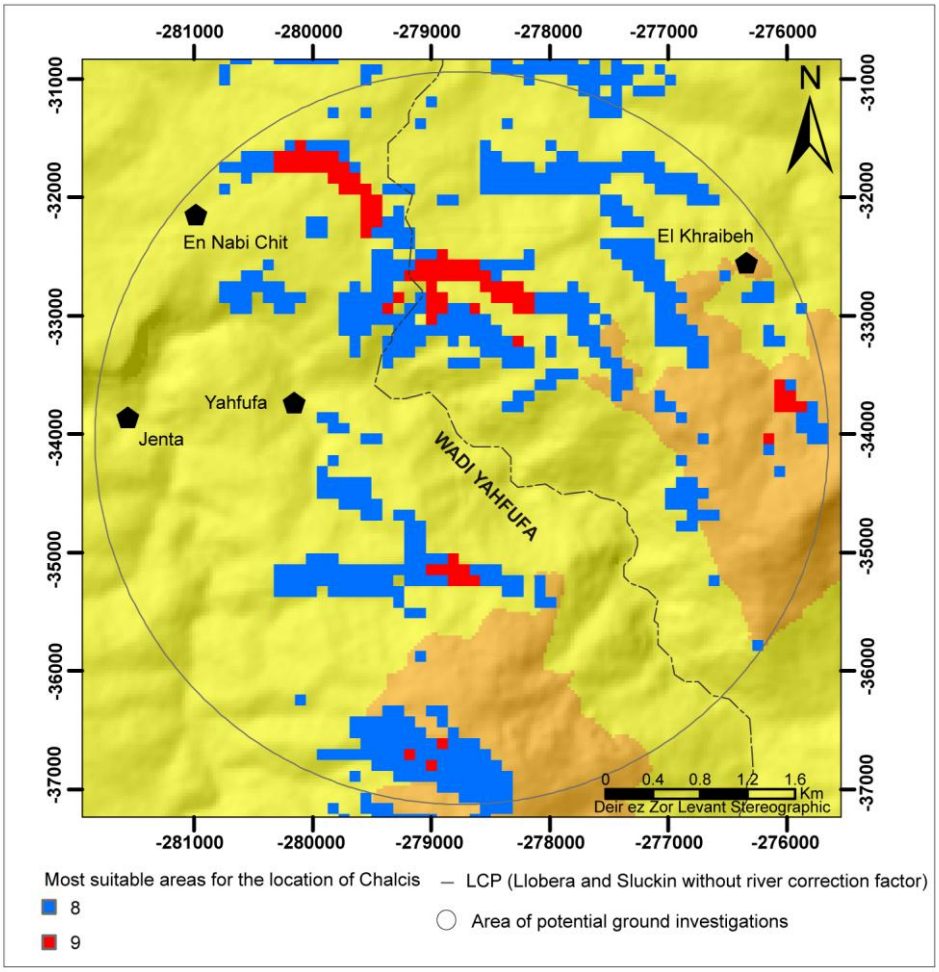


Figure 12: Map showing the most suitable areas on which Chalcis was established.

REFERENCES

Abou Diwan, G., and J. Doumit. 2017. "The Berytus-Heliopolis Baalbak Road in the Roman Period: A Least Cost Path Analysis." Mediterranean Archaeology and Archaeometry 17 (13):225-41.

Aliquot, J. 1999. "Les Ituréens et la présence arabe au Liban du IIe siècle a.C. au IVe siècle p.C." Mélanges de l'Université Saint-Joseph (MUSJ) 56:161-290.

Bell, G.L. 1907. The desert and the sown. London: William Heinemann.

Belon, P. 1553. Les observations de plvsievrs singvlaritez et choses memorables, trouuées en Grece, Asie, Iudée, Egypte, Arabie, & autres pays estranges. Paris,: En la boutique de Gilles Corrozet.

Butcher, K. 2003. Roman Syria and the Near East. Los Angeles: J. Paul Getty Museum : Getty Publications.

CIL III = Corpus Inscriptionvm Latinarvm. Inscriptiones Asiae, provinciarumEuropae Graecarum, Illyrici Latinae, edited by Th. Mommsen. 1873.

Clermont-Ganneau, C. 1898. "Inscriptions romaines d'Abila de Lysanias " Recueil d'archéologie orientale 2:35-43.

Collins, M.G., F.R. Steiner, and M.J. Rushman. 2001. "Landuse suitability analysis in the United States: Historical development and promising technological achievements." Environmental Management 28 (5): 611–62.

Cuntz, O., and G. Wirth, eds. 1990. Vol 1 Itineraria Antonini Augusti et Burdigalense, Accedit tabula geographica. Edited by Degruyter. Berlin, Boston.

Dussaud, R. 1927. Topographie historique de la Syrie antique et médiévale , Bibliothèque archéologique et historique 4. Paris,: P. Geuthner.

Gatier, P.-L. 2003. "Phénicie, Liban, Levant : histoire et géographie historique d'Alexandre à Zénobie." Tempora: annales d'histoire et d'archéologie 10-11:103-15.

———. 2002-2003. "La principauté d'Abila de Lysanias dans l'Antiliban." Dossiers d'archéologie 279:120-7.

Ghadban, C. 1987. Observations sur le statut des terres et l'organisation des villages dans la Béqa' hellénistique et romaine. In Sociétés urbaines, sociétés rurales dans l'Asie Mineure et la Syrie hellénistique et romaine, edited by E. Frézouls. Strasbourg.

Goodchild, R.G. 1948. "The Coast Road of Phoenicia and Its Roman Milestones - Appendix: Inventory of Roman Milestones from the Road Antioch-Ptolemais." Berytus 9:91-127.renflo, L.J., and N. Gale. 1990. "Mapping Regional Settlement in Information Space." Journal of Anthropological Archaeology 9, :240-74.

Güimil-Fariña, A., and C. Parcero-Oubiña. 2015. "Dotting the joins: A non-reconstructive use of Least Cost Paths to approach ancient roads. The case of the Roman roads in the NW Iberian Peninsula." Journal of Archaeological Science 54:31-44.

Guisan, A., S.B. Weiss, and A.D. Weiss. 1999. "GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution." Plant Ecology 143 (107-122).

Heilen, M., P.O. Leckman, A. Byrd, J.A. Homburg, and R.A. Heckman. 2012. Archaeological Sensitivity Modeling in Southern New Mexico: Automated Tools and Models for Planning and Management. Albuquerque, New Mexico: Statistical Research Inc.

Herzog, I. 2013. The Potential and Limits of Optimal Path Analysis. In Computational approaches to archaeological spaces, edited by A.B.M. Lake. Publications of the Institute of Archaeology, University College London: Walnut Creek, California : Left Coast Press.

Herzog, I., and A. Posluschny. 2008. Slope-dependent Least Cost Path Calculations Revisited in On the Road to Reconstructing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA). Budapest.

Herzog, I., and A. Yépez. 2015. The impact of the DEM on archaeological GIS studies A case study in Ecuador. Paper read at 20th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies, at Vienna.

IGLS VI = Rey-Coquais, J.-P. 1967. Inscription Grecques et Latines de la Syrie. TomeVI. Bibliothèque Archéologique et Historique LXXVIII. Paris. Geuthner.

Jones, A.H.M. 1937. The cities of the Eastern Roman provinces. Oxford: Clarendon Press.

Khalil, W. 2009. "Prospection dans le Liban méridional : étude du développement de la zone montagneuse de l'époque héllenistique à la fin de l'époque médiévale, 323 av. J.-C. -1516 ap. J.-C."Thèse de Doctorat, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

Llobera, M., and T.J. Sluckin. 2007. "Zigzagging: Theoretical insights on climbing strategies." Journal of Theoretical Biology 249:206–17.

Malczewski, J. 2004. "GIS-based Land-use Suitability Analysis: A Critical Overview." Progress in Planning 62 (1):3-65.

Miller, K. 1916. Itineraria romana. Römische reisewege an der hand der Tabula peutingeriana. Stuttgart: Strecker und Schröder.

Mouterde, R. 1951–1952. "Antiquités de l'Hermon et le Beqa'." Les Mélanges de l'Université Saint-Joseph 29:21–89.

Myers, E.A. 2010. The Ituraeans and the Roman Near East : reassessing the sources, Society for New Testament studies, Monograph series 147. Cambridge: Cambridge Univiersity Press.

Pandolf, K., B. Givoni, and R. Goldman. 1977. "Predicting energy expenditure with loads while standing or walking very slowly." Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology 43 (4):577-81.

Rey-Coquais, J.-P. 1964. "Notes de géographie syrienne antique." Mélanges de l'Université Saint-Joseph 40 (5):287-312.

———. 1981. Les frontières d'Heliopolis: quelques remarques. In La géographie administrative et politique d'Alexandre à Mahomet edited by T. Fahdactes du Colloque de Strasbourg, 14-16 juin 1979. Strasbourg.

Reynolds, P. 2003. "Amphorae in Roman Lebanon 50 BC to AD 250." Archaeology and History in Lebanon 17:120-30.

Schild, A. 2016. Archaeological Least Cost Path Modeling: A behavioral study of Middle Bronze Age Merchant Travel Routes across the Amanus Mountains, Turkey. Master of Science (Geographic Information Science and Technology), University of Southern California.

Schmitt, G. 1982. "Zum Königreich Chalkis." Zeitschrift des Deutschen Palästina-Vereins 98:110-24.

Seyrig, H. 1971. "Le culte du Soleil en Syrie à l'époque romaine." Syria 48:337-73.

Supernant, K. 2017. "Modeling Métis mobility? Evaluating least cost paths and indigenous landscapes in the Canadian west." Journal of Archaeological Science 84:63-73.

Talbert, R.J.A. 2010. Rome's World: The Peutinger Map Reconsidered: Cambridge University Press.

Thomsen, P. 1907. Loca sancta. Halle: R. Haupt.

Tripcevich, N. 2009. Workshop 2009, No. 1 - Viewshed and Cost Distance Working with Archaeological data in Arcmap 9.2: A brief tour of Viewshed and Cost distance functions.

Verhagen, P., and K. Jeneson. 2012. "A Roman Puzzle. Trying to Find the Via Belgica with GIS." In A. Chrysanthi, P.M. Flores & C. Papadopoulos eds. 2012.BAR International Series 2344:123-30.

Weiss, A. 2001. Topographic Position and Landforms Analysis. Paper read at ESRI User Conference, at San Diego, CA.

Will, E. 1982. "Un vieux problème de la topographie de la Beqa‘ antique : Chalcis du Liban." Zeitschrift des Deutschen Palästinavereins. 99:141-6.

LA SUBURBANISATION D'ALGER, UN PHENOMENE ANCIEN DE DYNAMIQUE PARTICULIERE ET D'UN ETALEMENT URBAIN EN QUETE D'IDENTIFICATION ET DE MAITRISE

Communication présentée par :

Mme AMIRECHE Louisa M.C.A

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE HOUARI BOUMEDIENE

ALGERE

1-INTRODUCTION

Alger a vécu pratiquement toutes les étapes de l'urbanisation classique : de la ville emmurée jusqu'à l'aire métropolitaine. Elle ne cesse d'évoluer ses composantes morphologiques, son fonctionnement économique, ses composantes sociales et spatiales…C'est ce qui la caractérise de métropole mouvementée.

Elle présente un espace vaste et hétérogène d'urbanisation qui interpelle à la fois les chercheurs et les collectivités territoriales quant à son organisation, son fonctionnement…et notamment la recomposition de ses structures diversifiées d'où l'intérêt de cette approche.

2-PROBLEMATIQUE

Alger est une métropole qui a grandi démesurément à partir de son site originel ou la médina algéroise nommée la Casbah, et a débordé dans tous les sens jusqu'à constituer une région urbaine la plus dense du pays. Ses espaces montrent une morphologie complexe et hétérogène constituée de zones denses intercalées d'autres zones plus lâches qui interpellent les spécialistes de l'organisation de l'espace d'une façon générale et particulièrement les espaces métropolitains.

La problématique s'articule autour des systèmes de mutations et structuration liées à la métropolisation en œuvre. Ce thème propose l'étude de cas à partir des niveaux

d'urbanisation liés à la croissance démographique qui transforme le territoire périphérique de la ville-centre et de sa première couronne suburbaine.

Le développement de lasuburbanisation-périurbanisation, est particulier, il pose problème quant à son identification ainsi que les facteurs qui ont présidé à la naissance et surtout à son développement. Quelque soient ses formes, ce phénomène est entrain de prendre de l'ampleur, ce qui pose en plus des problèmes en plus des identifications- quantion et sa maitrise. Toutes ces interrogations montrent que l'objet présente un intérêt scientifique certain d'autant plus qu'il n'a pas été traité que par des statistiques officielles sans étude profondément scientifique.

3-METHODOLOGIE

L'analyse des formes de l'organisation des espaces métropolitains engage celle des nouveaux espaces périphériques ou espaces périurbains. Or l'analyse de l'espace périurbain d'Alger, en cours de métropolisation traduit incontestablement des dynamiques d'urbanisation des marges urbaines qui influent sur les processus périurbains connues à Alger par suburbains ou nouveaux espaces métropolitains, sans insister sur les problèmes de mitage abusif.des espaces ruraux et agricoles.

Pour affiner les analyses dans ce domaine, il est opportun de se pencher sur le fondement des composantes du suburbain-périurbain comme il a été déterminé par les services statistiques de l'office national des statistiques (ONS)

3-1-La composante des « espaces suburbains périurbains»

Le suburbain est constitué d'une urbanisation totalement périphérique à faible distance de l'agglomération urbaine, à 100%.Il est constitué par trois composantes :

Le semi urbain est un espace en cours d'urbanisation à 50%.et le rural ou semi rural est un espace qui possède un niveau de démarrage d'urbanisation (ou faible urbanisation).

3-2- Les principales dynamiques : mobilités quotidiennes pendulaires et mirations résidentielles

Les dynamiques nous obligent à considérer simultanément dans l'analyse deux domaines chronologique et spatial du périurbain ou du suburbain. Cela ne sera étudié sans sa relation fondamentale de la ville-centre afin de cerner l'ensemble de la structure qui s'effectue en concomitance avec elle. Ainsi l'analyse globale est de modèle centre-périphérie.

Les mobilités des hommes sont liées d'une façon indissociable du suburbain (périurbain), surtout les mobilités résidentielles, partie intégrante des mobilités. Elles sont considérées à la fois causes et conséquences de ce phénomène. Elles se conjuguent avec les réseaux pour entretenir, leur dynamiques dont l'essence édifie le rôle fondateur de la métropolisation.

Dans ce contexte l'approche des mobilités pendulaires et résidentielles s'avère plus que nécessaire parce qu'elles contribuent en partie comme des facteurs de ces espaces métropolitains d'où son intérêt dans le cas d'Alger métropole.

L'étalement urbain, périurbain ou suburbain désigne par définition une excroissance dans la banlieue d'Alger dès la fin des années 1960. Il constitue un continuum de la ville. Il a formé la première couronne autour de la ville intramuros originelle, agrandie par des pans de la ville coloniale, une couronne semi concentrique.

Depuis l'Indépendance, le phénomène s'est développé considérablement jusqu'à interpeller les services d'aménagement dans le cadre de l'organisation durable de l'espace et de sa maitrise à l'échelle de l'agglomération métropolitaine ou la métropole.

Les traitements statistiques de l'évolution de l'urbanisation d'Alger post- indépendance, avec toutes ses dépendances sont traduits par les SIG que se soit pour mettre en exergue leurs significations et surtout les résultats escomptés.

4-LES OBJECTIFS

Les objectifs assignés doivent s'attacher à larecherche des caractéristiques qui différencient le centre métropolitain ou agglomération-centre de ces espaces métropolisés ainsi que les processus qui rendent urbains ou « nouveaux urbains », ainsi que les éléments à l'origine des mutations entre autre ceux qui étalent l'espace urbain vers l'extérieur du centre métropolitain ses caractéristiques particulières. Parallèlement, les espaces ruraux où s'étale le centre métropolitain subissent des mutations difficiles à prévoir préalablement, vu que l'hypothèse

du pouvoir d'attraction est excessif, car Alger recrute de partout de sa propre région et de l'ensemble du territoire national qui ont participé à la suburbanisation-périurbanisation par leur fixation d'où l'impératif de sa maitrise.

5-UNEFORTE URBANISATION GENERALISEE

La croissance de la population urbaine est un indicateur de l'urbanisation. En 1998, Alger vit une urbanisation généralisée : la ville ou l'agglomération-centre dense, oriente ses surplus de population autour d'elle sur ses périphéries de plus en plus lointaines. Cet état est une expression du phénomène urbain dans sa région naturelle avec toutes ses composantes. C'est aussi un niveau d'urbanisation qualifié de cycle métropolitain dont le processus produit une périurbanisation (suburbanisation) ou étalement urbain.

L'effet principal qui issue le déversement des surplus de l'urbanisation à partir de la ville ou agglomération –centre lui confère un aspect connu de la « ville éclatée ».Ainsi, Alger est au stade de la périurbanisation depuis des décennies

La ville ou l'agglomération -centre se densifie sans cesse, au point où la saturation l'a fait débordée et a depuis longtemps, diminué de population

Villages et petites villes anciennement occupées se densifient également dont les plus importants ont atteint une saturation

Les périphéries dont l'ancienne activité était essentiellement rurale reçoivent continuellement des populations par ondes.

5-1-BREVE CHRONIQUE DES PRINCIPALES STRUCTURES TERRITORIALES

1/ Citadelle à l'origine, Alger a été entourée par des faubourgs plus ou moins importants et proches au-delà de sa muraille notamment durant l'époque ottomane.

2/A l'époque suivante, durant le début de la colonisation française, Alger a perdu une bonne partie de ses murs pour s'élargir et constituer une commune dès 1946.

3/ Les développements spatiaux se sont matérialisés par des annexions de communes voisines dont la première était la commune de Mustapha en 1904.

4/Depuis, ce processus s'est développé sans interruption jusqu'à constituer une première couronne autour de la ville, composée par des communes, de banlieue dont l'ensemble était considéré en une grande commune, nommée Grand-Alger ayant un statut particulier autant que Paris en 1959. Alger était, alors la deuxième grande ville de la métropole française.

5/ Augmentée d'une autre commune en 1963, la couronne de banlieue constitue avec la ville centre le Grand-Alger ou agglomération-centre en gardant le statut particulier.

6/ Depuis et selon les extensions effectuées l'étendue du grand -Alger couvrait le territoire de la wilaya constitué de 33 communes à la fois urbaines et suburbaines et ce jusqu'à 1997. Lors d'une nouvelle consistance territoriale la même année le Grand-Alger regroupe encore et en une seule fois 64 communes dépendantes fonctionnellement de l'agglomération-centre qui se voyait instituée en agglomération officielle rassemblant 28 arrondissements.

7/ Cette dernière intervention a durée trois années avant de se transformer en une grande wilaya capitale de 57 communes (2000).

5-2-PREMICES STATISTIQUES DE LA SUBURBANISATION D'ALGER

Lors du premier recensement algérien en 1966 le processus de suburbanisation a évolué de dix communes autour du Grand –Alger de l'époque s'est vue étendue à 13 communes.

Au plan de gestion urbaine algéroise continue le Grand- Alger mais se trouve identifiée différemment selon la conjoncture socialiste en commune populaire de la ville d'Alger le CPVA. Le CNRP, commissariat national au recensement de la population avait traité statistiquement les communes autour de suburburbaines, dors et déjà plus vastes : de onze elles passent à douze et la treizième commune suburbaine qui se situe plus à l'est de 50 kilomètres : la commune de Thénia qui renferme une zone industrielle d'Alger depuis le début du 20ème siècle et liée à elle par la ligne du train métropolitain qui structure la région algéroise ou l'Algérois.

Le traitement de l'espace suburbain a été poursuivi jusqu'à nos jours, chose qui nous permet de suive l'évolution de l'urbanisation initiée par l'agglomération d'Alger dans sa région.

En 1977, lors du deuxième recensement, le fait urbain a été mis au point après plusieurs années, les premiers jalons du fait urbain et particulièrement de la suburbanisation déjà entamée surtout autour d'Alger. Les périphéries du Grand-Alger se sont agrandies malgré la densification de la réappropriation de la ville coloniale et de ses périphéries.

La ville se trouve deux fois plus dense de sept cents mille elle dépasse le million et demi dans ses anciennes limites héritées, quant aux périphéries, elles ont reçues parallèlement à l'habitat les équipements de premières nécessités et les activités naissantes du décollage économiques. Ainsi les périphéries n'ont pas gardé leurs aspects précédents, elles ont reçu les compléments à la fois de la ville et des périphéries, tout en incluant les anciens villages et submerger des terres agricoles.

Les recensements suivants ont gardé le cap quant à l'urbanisation : au plan du Grand –Alger et de ses périphéries qui grandissent constamment au point où en 1998 les espaces suburbains deviennent plusieurs fois étendus que l'agglomération urbaine d'Alger.

Le dernier recensement de 2008 a introduit des concepts pris de l'INSEE basés sur une variété des taux d'urbanisation, la continuité du bâti et pour la première fois l'unité urbaine. Cependant l'ONS a gardé en gros, les strates d'urbanisation antérieures : le suburbain, le semi urbain, le semi rural et le rural profond.

L'identification des communes suburbaines a été effectuée par l'organisme des statistiques dont l'objectif de les limiter mais surtout de les cartographier à l'aide des critères morphologiques et spatiaux.

Cependant leur définition conceptuelle a toujours concerné les chercheurs dans le fait urbain qui l'identifie à une excroissance de la ville ou l'agglomération qui se traduit par une formation d'un espace intermédiaire nouveau qui stoppe l'opposition classique : urbain /rural. Cette excroissance se traduit aux limites de la ville un espace d'origine agricole par une population d'origine urbaine c'est –à-dire une population dont le mode de vie est urbain pratiqué dans un milieu rural.

Autrement dit la ville s'étale sur les espaces ruraux qui perdent leur vocation sans se transformer en véritable espace réellement urbain. Cette problématique a poussé les

statisticiens à effectuer une identification variée selon les situations de la couverture de ce phénomène. Une fois la commune se trouve entièrement ou majoritairement occupée par une population d'origine urbaine ayant un mode de vie urbain c'est une commune suburbaine par excellence. Dans le cas où il est moindre, la commune est qualifiée de semi urbaine. Il arrive que la commune est atteinte légèrement par ce phénomène ele demeure semi rurale. Donc il y a deux types de suburbain et du semi urbain. A chaque recensement ce phénomène est observé afin d'étudier les évolutions survenues et mettre en exergue la nouvelle situation.

L'étude se base sur la croissance démographique qui fait évoluer le taux d'urbanisation, les formes spatiales produites, ainsi que sa dynamique dont l'action réduit l'espace rural périphérique.

6-LES ESPACES SUBURBAINS NOVICES DE 1966 ETAIENT DE DOMINANTE RURALE

Au lendemain de l'indépendance les espaces périurbains dans la région algéroise étaient une banlieue à dominante agricole. D'autres composantes ont fait apparition en plus desvillages coloniaux, des zones manufacturières autour d'El-Harrach, de Gue -de- Constantine, à Rouiba-Réghaiaet même à Thénia, Blida etc.

De 1962 le suburbain n'a pas évolué pratiquement jusqu'aux années 1980, lors de la reprise de l'activité de la construction par la libération du foncier autour des agglomérations dans le cadre de constituer des réserves foncières dans le prolongement des agglomérations afin de combler le manque d'équipements notamment de base, proportionnellement aux besoins des populations et réaliser les stratégies pour le redressement du décollage économique post indépendance. Donc la reprise des extensions urbaines devrait avoir l'assiette foncière nécessaire. Au paravent le nombre de communes a été réduit suite au manque de cadre de gestion territoriale.

Il est devenu fondamental de rappeler deux types de problèmes qui ont quelque peu freiné ou entravé à la fois la reprise de l'excroissance démarrée durant la fin de la période coloniale à savoir les vicissitudes des réformes de l'espace rural et celles de réaliser, dans le cadre de l'urbanisme, l'industrialisation d'une part et d'autre part l'urbanisation (logement-équipement) afin de rattraper le retard accumulé.

Une fois démarré la réalisation des réserves foncières autour des agglomérations urbaines et suburbaines. Inattendu, l'afflux des surplus de population trop dense d'Alger, a profité pour installer dans des réserves foncières dégagées notamment dans les communes limitrophes t où sont situées principalement les villages de la colonisation. Ainsi a repris une nouvelle suburbanisation.

Cette réalisation de petits plans d'urbanisme avait pour objectif d'aider l'extension des ces villages afin de stopper l'exode rurale à l'origine, même située à une certaine distance des portes de la grande ville et éviter leur densité, gonflé depuis la période de la guerre de libération.

Quant aux espaces agricoles riches de la Mitidja et le Sahel, ils ont subi de nombreuses réformes allant de l'autogestion jusqu'à la révolution agraire qui les a quelque peu stabilisés et statués.

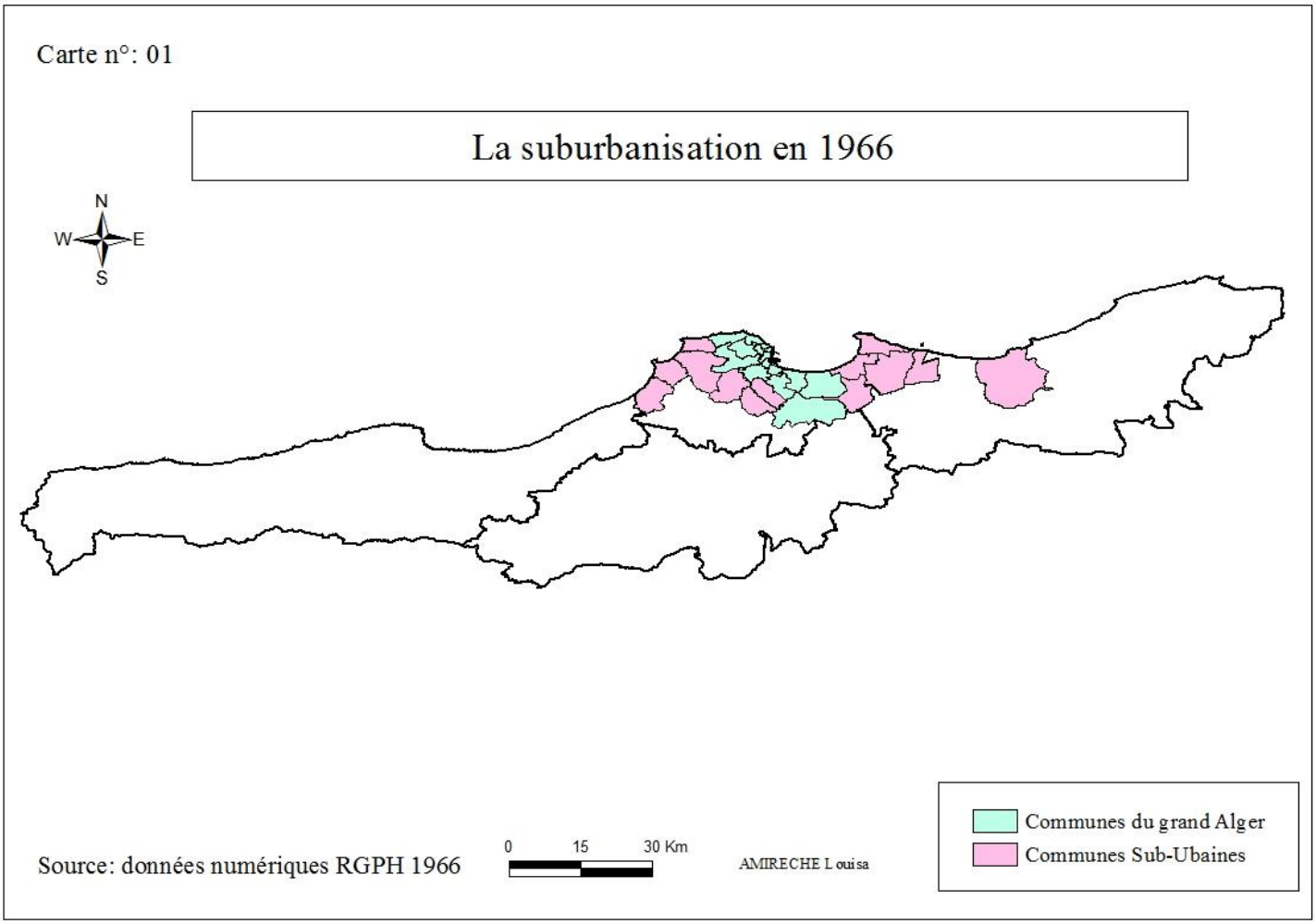
Des réformes ont restructuré ses espaces agricoles, dont la principale est relative à la révolution agraireavec l'instauration des villages de la révolutionagraire. Suite à cela d'autres réformes ont encouragé le mitage des espaces à proximité des localités dont l'occupation est souvent de l'auto construction illégale partout et surtout autour des anciennesfermes. Ces contre coûts ont généralisé une urbanisation qui menace l'activité agricole et réduit le foncier y afférant.

Donc les espaces qui allaient recevoir la nouvelle urbanisation périphérique se sont trouvés convoités durant cette conjoncture qui n'a que favoriser des occupations anarchiques jamais souhaitées.

6-1- Identification des espaces suburbains-périurbains en 1966

Le choix des identifiants concerne trois : démographiques, migratoires et niveaux d'urbanisation. Ils sont nécessaires pour montrer les principaux caractères des composantes de la structure métropolitaine algéroise.

Carte n°: 01


La suburbanisation en 1966
N
W
E
S
Source: données numériques RGPH 1966
0
15
30 Km
AMIRECHE Louisa
Communes du grand Alger
Communes Sub-Ubaines

6-2-Les identifiants des dynamiques démographiques

Deux critères démographiques ont été choisis afin d'identification à la base des changements des effectifs des populations et leur croissance.

6-2-1-Les effectifs de population ont augmenté sensiblement dès la réappropriation dense postindépendance

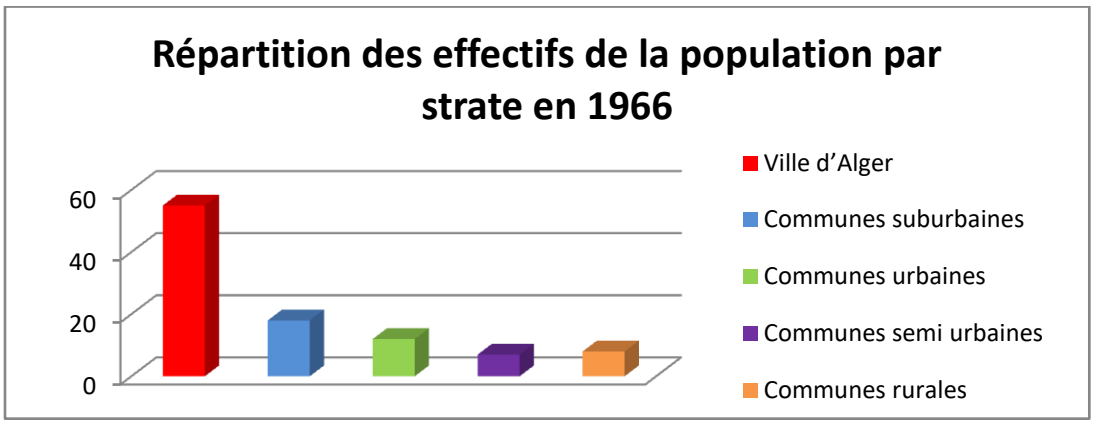
D'importants effectifs ont occupé par la ville-centre qui à cette période était moins dense puisqu'il s'agissait de se réapproprier l'espace vaqué par la population coloniale.

Le regard sur le bref récapitulatif des populations dévoile une structure d'ensemble qui montre une répartition des effectifs qui régressent de la ville vers la périphérie en des couronnes semi concentriques. Cette structure suit le modèle centre périphérie comme le montre le tableau suivant :

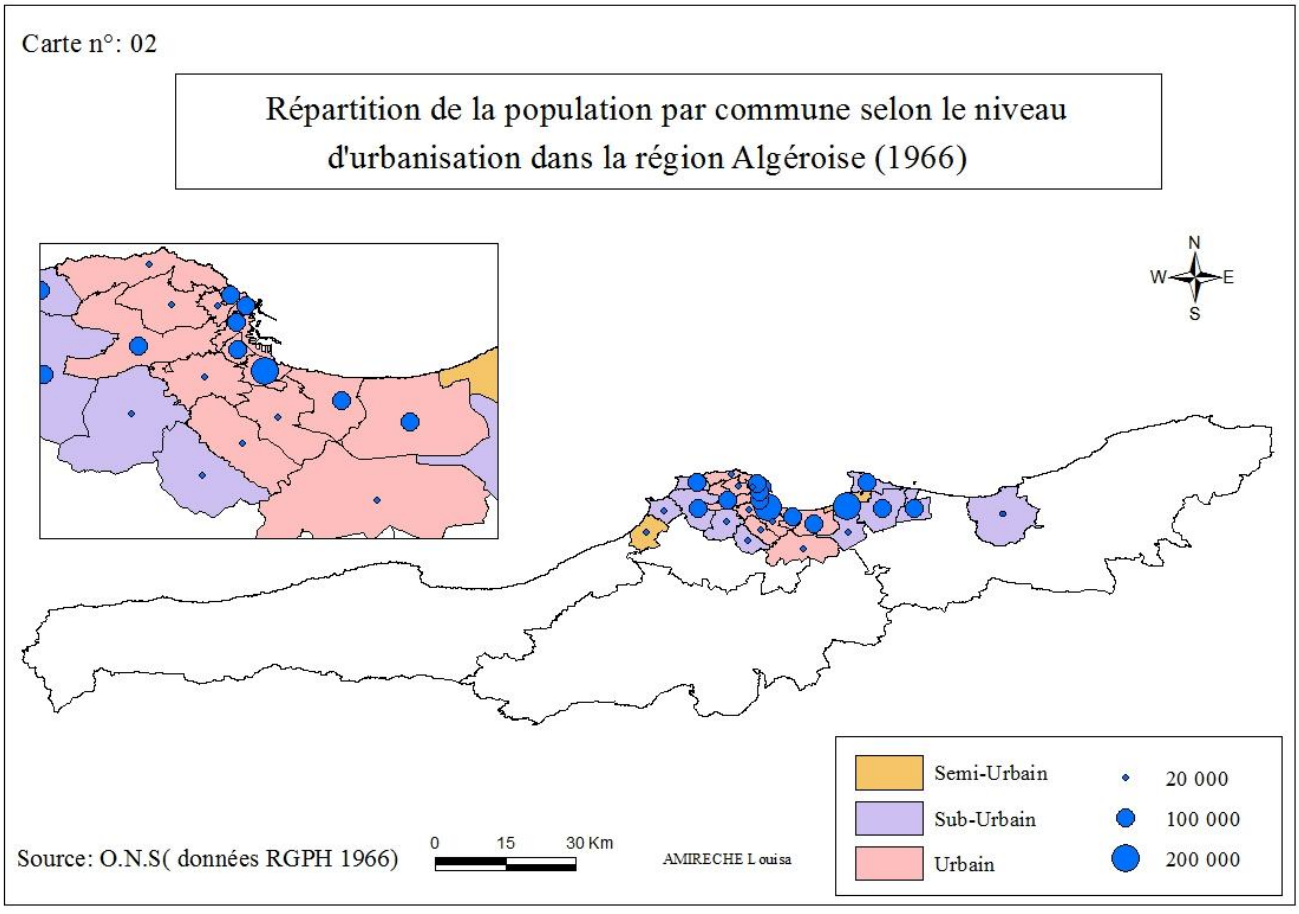
Tableau n° 01: Répartition des effectifs de la population par strate en 1966

Strate	Population totale/ hts	Poids en %
Ville d'Alger	844.649 hts	55
Communes suburbaines	282.208 hts	18
Communes urbaines	189.511 hts	12
Communes semi urbaines	100.972 hts	7
Communes rurales	111.941 hts	8
Total des 4 wilayat	1.529.287 hts	100

Source : O.N.S. données du R.G.P.H 1966



Source : O.N.S. données du R.G.P.H 19



6-2-2- Le taux de croissance : un identifiant discriminant

La réappropriation d'un cadre bâti vacant explique les forts taux de croissance partout en notamment dans les villages de colonisation d'origine rurale. Tout possédait des structures d'accueils qui ont permis l'insertion de nombreuses populations. Le tableau qui suit montre que partout les taux de croissance intercensitaire sont élevés.

La répartition des taux de croissance durant la décennie montrent dans et déjà que la croissance suit le modèle centre périphérie, et diminue dans le sens, avec une certaine anomalie, les communes semi urbaines sont plus attractives que le reste, malgré quememe les communes rurales se trouvent dans presque la même situation.

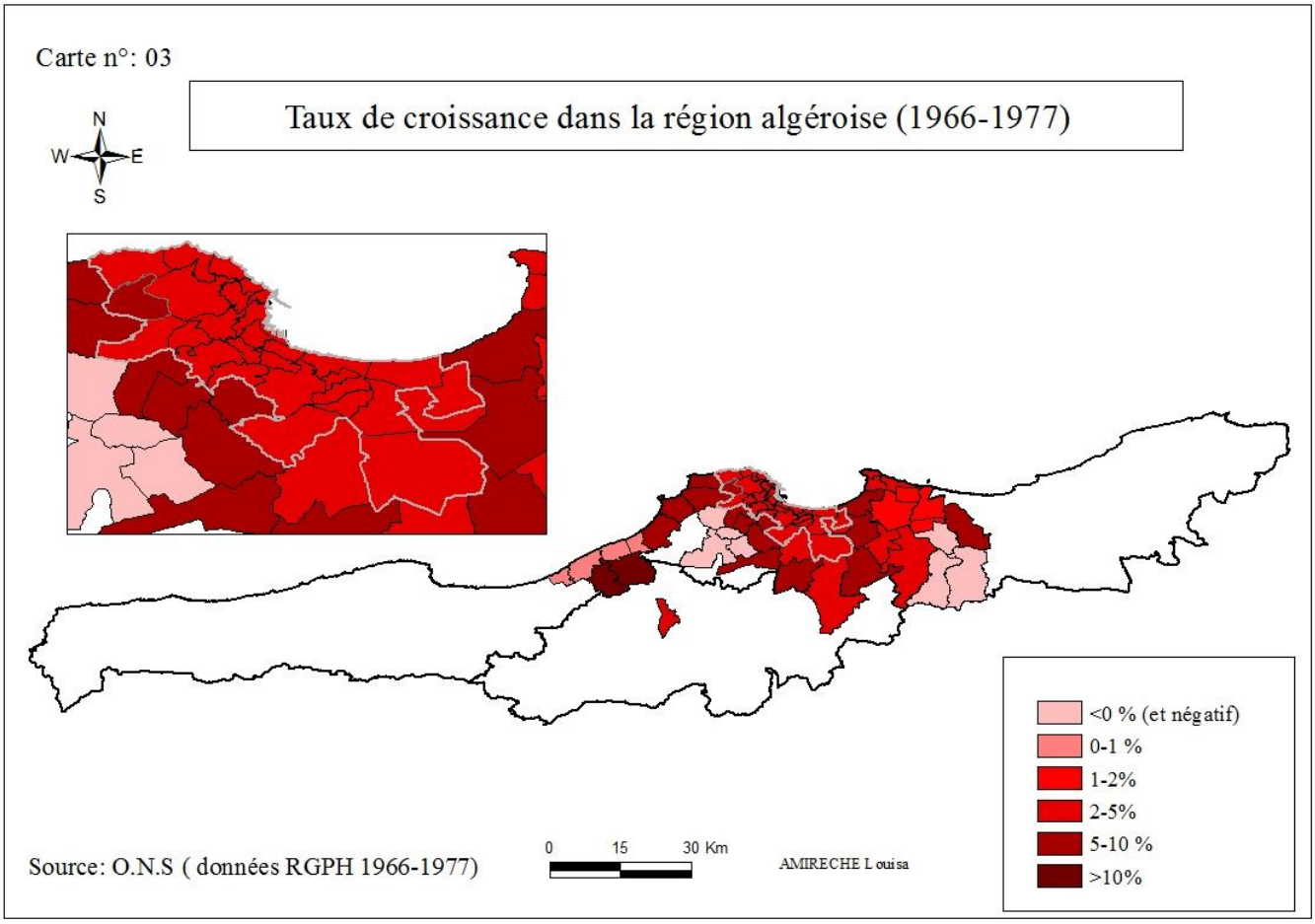
Il faut noter que le cadre occupé avant l'Indépendance par la population coloniale, l'évaluation de croissance ne reflète pas la situation de celle de la population algérienne. Ceci ne permet que de montrer la décennie suivante qui montre qu'une croissance s'est fortement démarrée.

Tableau n°02 : Répartition des taux de croissance par strate d'urbanisation entre :1966-1977

Strate	Ville d'Alger	Communes suburbaines	Communes urbaines	Communes semi urbaines	Communes rurales
Taux de croissance%	4,42	4,09	5,73	6,62	5,18

Source :O.N.S. R.G.P.H 1966-1977

Carte n°: 03


Taux de croissance dans la région algéroise (1966-1977)
N
W
E
S
<0 % (et négatif)
0-1 %
1-2%
2-5%
5-10 %
>10%
0
15
30 Km
AMIRECHE Louisa
Source: O.N.S (données RGPH 1966-1977)

6-3-Les identifiants des dynamiques migratoires

Ils sont insignifiants à cause de la situation du début de l'apparition du phénomène, qui ne constituait qu'une petite couronne cernant la ville d'Alger. A ce moment les mobilités quotidiennes et les mobilités résidentielles ne posaient pas de véritables problèmes. Durant l'époque coloniale et dès le début du 20ème siècle une ligne de chemin de fer a été réalisée dans la région algéroise desservant l'agglomération et assurant sa liaison de la zone littorale jusqu'à la commune de Thénia à l'est, et une ramification à partir d'El-Harrach vers le sud jusqu'à El-Affroun- Blida. Un train métropolitain parcoure jusqu'à l'heure actuelle la majorité du territoire algérois.

6-4-1-Le taux d'urbanisation : indicateur basique fort des transformations (mutations)

Les processus d'urbanisation autour d'Alger permettent d'introduire le concept de « région urbaine » depuis bien longtemps, c'est-à-dire de territoire urbain élargi au processus de suburbanisation. Celle-ci met en évidence un concept qui traduit les mutations urbaines en cours depuis 1959, à savoir la transformation de l'agglomération algéroise en un vaste complexe urbanisé avec continuité et discontinuité dans l'occupation du sol, tout en regroupant la plupart des activités appartenant à l'unité urbaine.

La croissance de l'urbanisation en périphérie de l'agglomération mère (métropole) se traduit au premier plan par une consommation foncière de terrains jusqu'alors non urbanisés. Cette dynamique s'effectue aussi bien dans l'agglomération que dans ses périphéries. La cartographie des territoires concernés permet de mettre en exergue aussi bien la tache urbaine (tissus continus) et les prolongements en continuité ou en discontinuité.

La suburbanisation se développe depuis fort longtemps autour de la ville d'Alger. Son début remonte à la période, après la deuxième guerre mondiale. Ce type d'étalement est en expansion continue depuis, tout en annexant de nouvelles communes et attirant des populations plus nombreuses.

La suburbanisation est un phénomène continu qui demeure sans interruption à Alger, plus Ce sont les mécanismes démographiques qui font la croissance urbaine et qui dépendent de

l'hinterland et des fluctuations de la population. La croissance urbaine répond essentiellement à un changement d'équilibre entre ville et campagne (Roncayolo M. 19..).

Deux types de dynamique œuvrent dans les territoires métropolitains. Ils paraissent contradictoires, mais sont en fait complémentaires. Comme il a été exprimé plus haut l'un ne peut pas s'effectuer sans l'autre. Quand la concentration de la ville mère arrive à saturation elle déverse son tremplin sur ses périphéries et oriente ses nouvelles attractions à l'extérieur de ses limites territoriales

les tissus urbains se concentrent, plus des espaces suburbains se développent, en couronne, autour. Son ampleur spatiale est de plus en plus importante sous forme de tache d'huile, dont les directions préférentielles sont Est-ouest et sud-ouest, nord-est, en parallèle avec l'axe autoroutier qui relie Alger à Blida, et avec l'axe autoroutier en direction l'est vers Tizi-Ouzou et Bejaia, en traversant le territoire de la wilaya de Boumerdes.

6-4-2- La forte densité est un facteur de dynamique de la suburbanisation

La répartition des densités par strate montre au premier examen et d'une manière générale de fortes densités et une inégalité allant en décadence de la ville vers la périphérie. Cependant, la strate semi-urbaine est distinguée par ses fortes densités qui la classent immédiatement après la ville d'Alger, comme l'indique le tableau suivant :

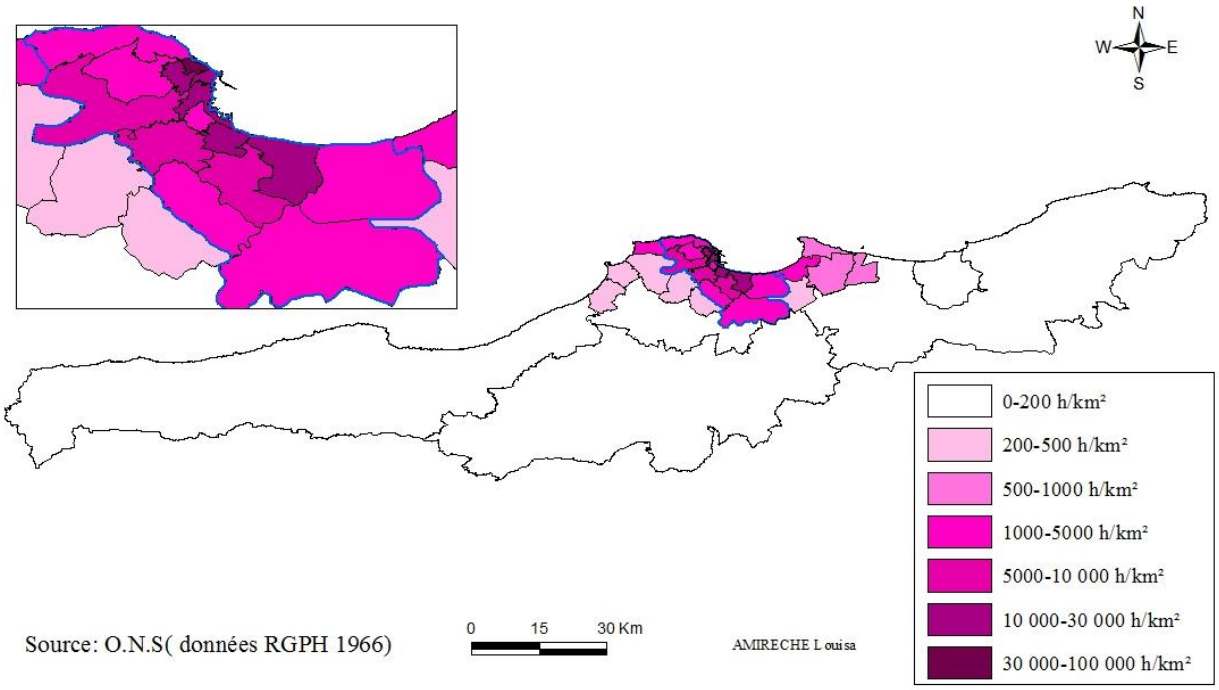
Tableau n° 03: Répartition des densités par strate d'urbanisation en 1966

Strate d'urbanisation	Ville d'Alger	Cnes suburbaines	Cnes urbaines	Cnes Semi-urbaines	Cnes rurales
Densité (hts/km²)	12.489	630	216	1926	144

Source : ONS données du RGPH

Carte n°: 04

Densité par commune dans la région algéroise (1966)



Source: O.N.S(données RGPH 1966)

7-LES ESPACES SUBURBAINS AGRANDIS EN 1998 ETAIENT DE DOMINANTE URBAINE

Il ya eu de nombreuses mutations fonctionnelles, résidentielles suite au décollage économique, les changements de contexte économique et surtout la recherche de l'équilibre territorial. Il faut noter en passant la massive industrialisation qui a quelque peu changé l'occupation des sols et instauré des mouvements pendulaires d'une manière spectaculaire. Aussi le changement de résidence a à lui seul changé l'ordre ancien de la fonction résidentielle.

Depuis les années 1980 et particulièrement les années 1998 les communes suburbaines se sontmultipliées de plus belle. Cela est arrivé depuis la généralisation des plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) des villes et agglomérations chef-lieu des 29 communes situées au-delà de l'agglomération officielle algéroise toujours dans l'objectif de canaliser l'urbanisation, auparavant anarchique dans le cadre de la loi. Cette action vise d'éviter et stopper les mitages abusifs dans limites de la wilaya capitale. D'autres évolutions ont vu le jour car les densitésont augmenté d'une manière vertigineuse, au point où d'autres problèmes se sont manifestés tels que la construction illégale qui quelquefois remet en cause certaines organisations.…

Parallèlement au développement des communes suburbaines et semi urbaines, selon une ampleur inégalée, l'agglomération-centre diminue de population à partir de son centre-ville.

7-1-Identification des espaces suburbains –périurbains en 1998

Les espaces suburbains-périurbains se sont étendus considérablement, elles surpassent de loin le territoire de l'agglomération-centre

7-1-1-Trente deux ans après se produit un étalement remarquable des espaces suburbains-périurbains

La surface des espaces suburbains-périurbains couvrent plusieurs communes de dix communes en 1966 à 45communes et couvrent4 403,1 kilomètres carrés. L'étendu est fois l'agglomération –centre d'Alger.

Ces territoires suburbains se sont étendus davantage, grâce à des réalisations massives répondant aux besoins en logements et équipements d'accompagnement au-delà du périmètre de l'agglomération mère. Ces opérations ont touché l'ensemble des communes suburbaines au travers les plans d'aménagement. Les réserves foncières prévues pour les populations de ces communes se trouvent captives par les populations de la ville mère. Ces facteurs sont liés à la proximité et la valeur du foncier ont favorisé plus des populations de la ville que les populations directement concernées par les mobilités de travail. Ainsi s'effectue une occupation sélective.

Tableau n°04 répartition des espaces suburbains-périurbains selon les surfaces

Les composantes	**Surface au km2**	**Le pourcentage%**
Agglomération d'Alger	**328 ,4**	**7% par rapport au total (agglomération+suburbain) 4 831,3 km2**
Le suburbain de la w AL..	**3771,6**	**85%**
Le suburbain de Blida	**290,6**	**6 ,6%**
Le suburbain de Tipaza	**151,5**	**3,5%**
Le suburbain de Boumerdes	**289,4**	**4,8%**
Total du suburbain	**4 403,1**	**100%**

Source : Les données brutes de l'ONS tirées du RGPH de 1998

7-1-1-Les identifiants des dynamiques démographiques

Comme en ce concerne les identifiants de 1966, deux dynamiques démographiques ont été étudiées : la dynamique des effectifs de population et la dynamique de croissance par le taux.

7-1-1-1-Le volume de population a augmenté

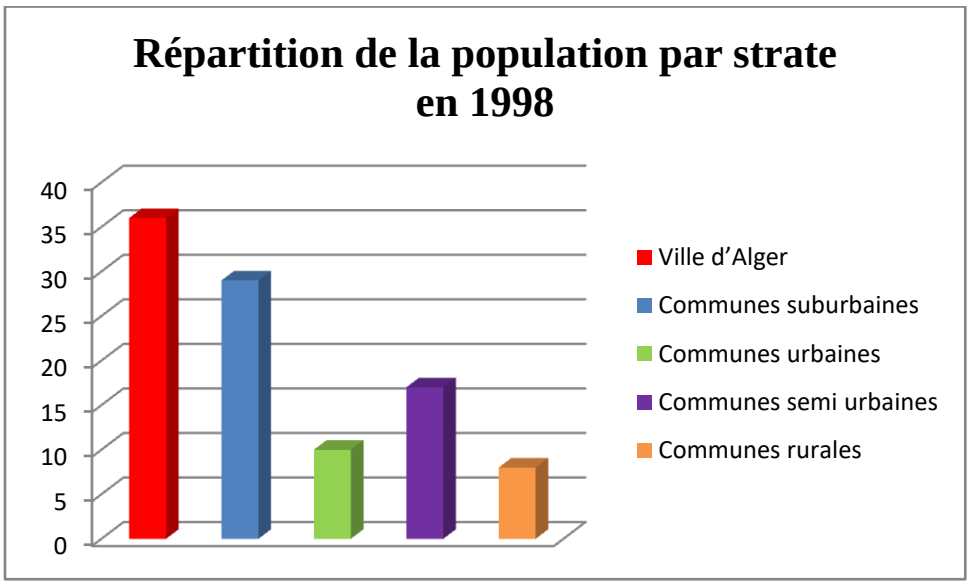
Les volumes de populations des espaces suburbains sont devenus importants qu'au paravant, par rapport à l'agglomération -centre qui malgré à cette période elleétait entrain de diminuer à partir de ses quartiers centraux et elle.

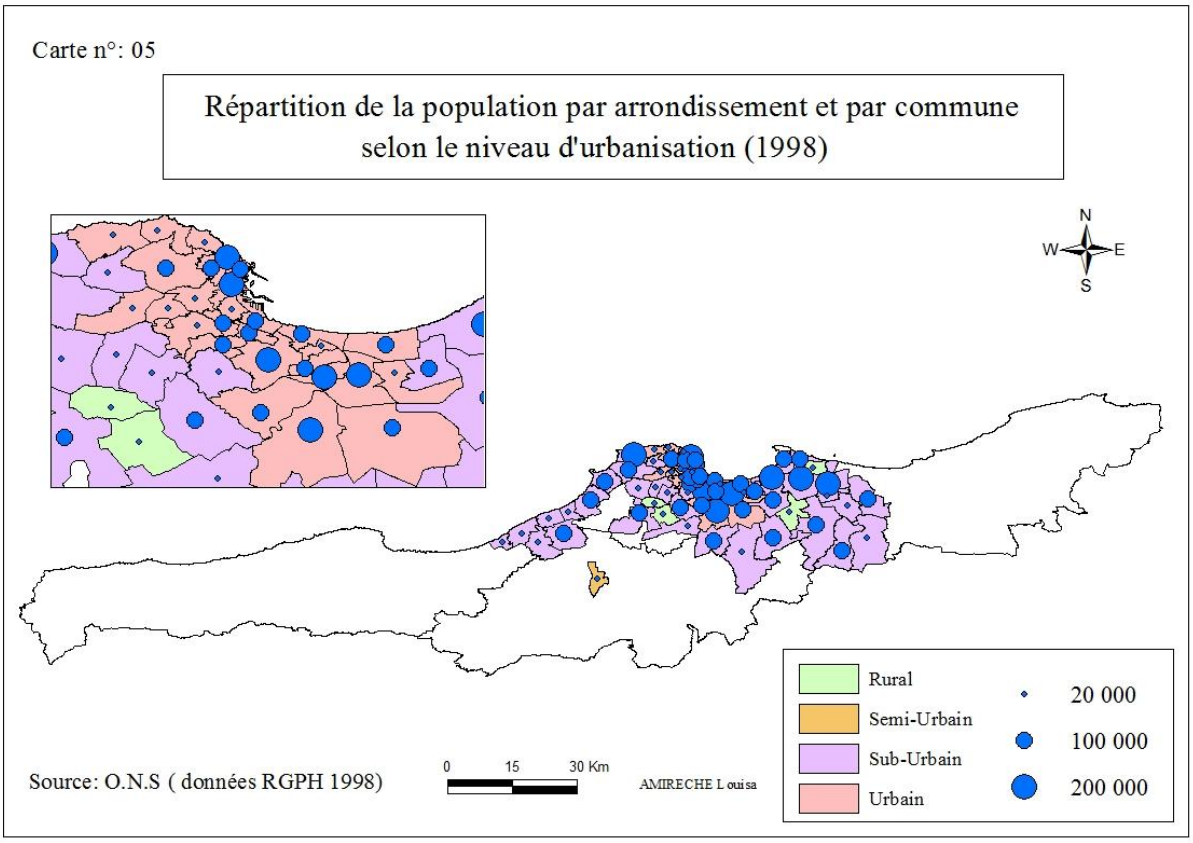
L'examen de la répartition de la population par commune au courant de la même période va nous révéler les types d'espaces les plus touchés par l'augmentation des effectifs (Cf. tableaux suivants).

Tableau n°05Répartition de la population par strate d'urbanisation des communes de la région algéroise

Strate	Population en 1998	Pourcentage / au total
Urbain (Alger)	1 680 656	35,88
Suburbain d'Alger	1 378 375	29,39
Agglomération	3 059 031	65,24
Semi urbain	797 476	17,0
Urbain hors Alger	491 963	10,27
Rural	350 335	7,46
Total Région métropolitaine algéroise	1 648 994	100

Source : Les données : brutes de l'ONS tirées du RGPH de 1998


Répartition de la population par strate en 1998
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Ville d'Alger
Communes suburbaines
Communes urbaines
Communes semi urbaines
Communes rurales


Carte n°: 05
Répartition de la population par arrondissement et par commune selon le niveau d'urbanisation (1998)
N
W
E
S
Rural
Semi-Urbain
Sub-Urbain
Urbain
20 000
100 000
200 000
Source: O.N.S (données RGPH 1998)
0
15
30 Km
AMIRECHE Louisa

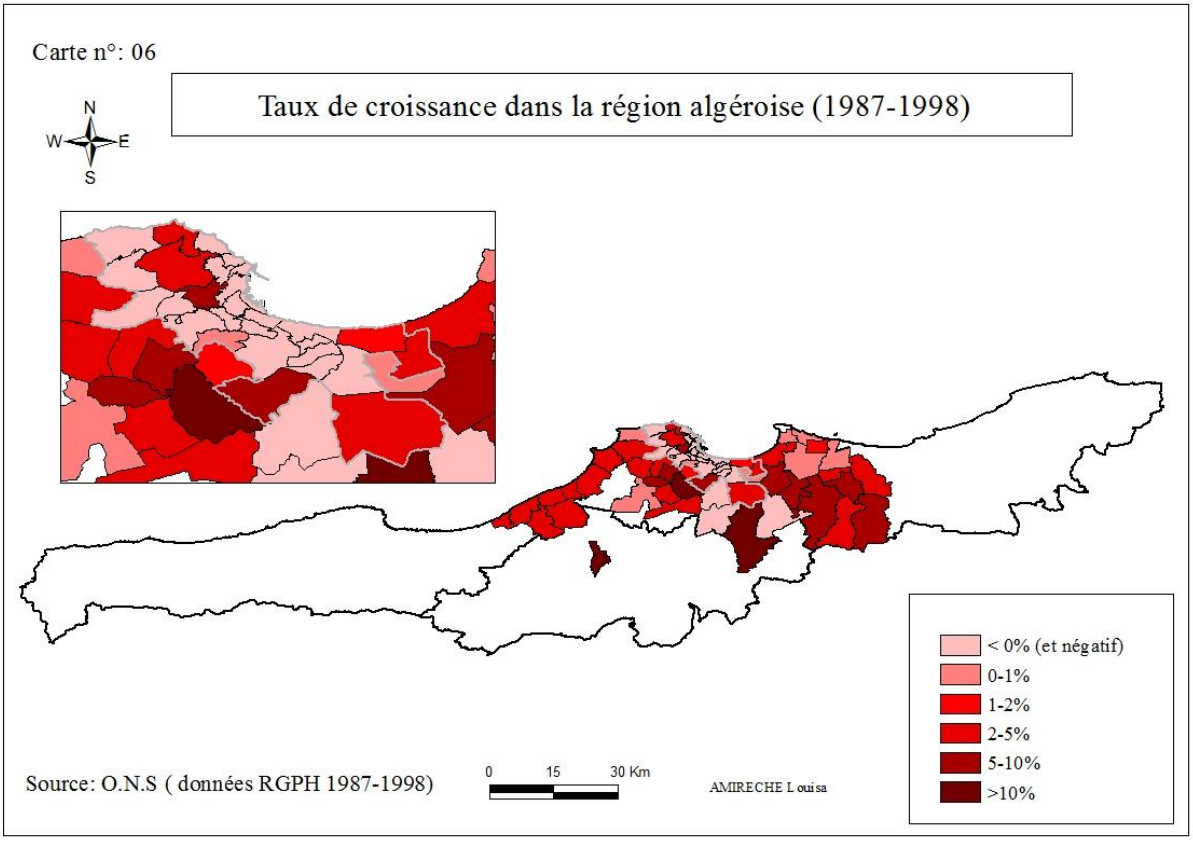
7-1-1-2-Taux de croissance des espaces suburbains sont les plus importants

Les taux de croissance ont battu le recors et dépassent quelquefois 12%. C'est réellement une phase de suburbanisation-périurbanisation par excellence. Elle confirme démographiquement les processus de métropolisation.Les tableaux suivants donnent l'image d'une structuration qui s'apparente à celle de la métropolisation.

Tableau n° 06: Répartition des taux de croissance par strate d'urbanisation entre : 1977-1987

Strate	Ville d'Alger	Communes suburbaines	Communes urbaines	Communes semi urbaines	Communes rurales
Taux de croissance%	0,51	7,26	3,8	3,66	3,16

Source :O.N.S. R.G.P.H 1977-1987



7-1-1-3-Une véritable structure métropolitaine exprimée par la répartition des taux de croissance par strate.

Le tableau suivant montre une répartition par strate où deux dépassent de loin les taux de croissance du pays et de la moyenne de la petite région d'Alger, respectivement 3,8% par an dans les communes semi urbaines et 3,50% par an dans les communes suburbaines.

Tableau n°07: Répartition des taux de croissance par strate d'urbanisation entre :1987-1998

Strate	Agglomération	Communes suburbaines	Communes urbaines	Communes semi urbaines	Communes rurales
Taux de croissance%	-0,79	3,50	2,63	3,83	2,76

Source :O.N.S,. R.G.P.H de 1987et 1998

L'agglomération d'Alger voit toujours une baisse de sa croissance de plus en plus importante.D'une façon générale, Alger vit les évolutions les plus marquantes dans cette petite région. Elle a débuté par une croissance modérée tout en provoquant un rééquilibrage au profit de ses périphéries, notamment à l'est, au sud et peu à l'ouest. Durant cette décennie, les mouvements de migration s'effectuent pour Alger, par voie attractive, se redistribuent, par elle, avec une part de sa propre croissance naturelle. C'est ce qui explique ce taux négatif, et une logique centripète.Ainsi à l'agglomération, parmi les mutations les plus visibles sont d'abord la périurbanisation qui se traduit par un étalement urbain. La diffusion des populations exprime des dynamiquesdémographiques dont les plus vives se localisent dans les franges de l'agglomération, poursuivies, autour d'elles, dans la première couronne.

7-1-2-Les identifiants migratoires

Les migrations ou les mobilités sont généralement deux sortes. L'histoire migratoire récente post Indépendance est liée aux situations du pays, vécue principalement par sa capitale t Première grande ville Alger incarne la nation et par elle que se déroule tout événement. Une des principales importances liées telles que l'attractivité se manifeste à partir d'elle et à travers elle. Ainsi elle attire des populations d'autant plus qu'elle est la plus importante dans tous les domaines et notamment l'économie.

Ce secteur exprime le plus grand taux d'emplois ou l'offre évalué à30% du pays, une importante concentration d'où son pouvoir d'attraction d'un plus grand nombre de population à partir de ses environnements proches etlointains.

7-1-2-1--Les mobilités quotidiennes ou migrations alternantessont les plus amplifiées du pays sous l'effet du pouvoir économique d'Alger

Les conditions économiques sont les facteurs qui entraînent et suscitent des mobilités de travail qui constituent le champ géographique et le modifient quand elles changent. Ainsi l'économie est un facteur fort dont la portée est très importante sur les évènements comme les mobilités et sur l'espace.

En 1998 l'offre d'emploi à Alger était de 683 792 emplois total,qui se répartissent comme suit :

-les pôles d'emploi du secteur tertiaire se concentre de à Bab-El-Oued Mohammadia de 46% ;

- Le secteur secondaire se localise selon trois axes : (* bande littorale de Bab-El-Oued à Hussein Dey avec 35%, * à EL-Harrach et Oued-Smar avec 16%. * Dans la zone industrielle de Rouiba-Réghaia (ZIRR) avec 10%..)

La concentration des emplois dans les zones centrales d'Alger et des zones périphériques renforce celle des grands équipements scolaires, universités et des services de haut niveau suscite des mobilités massives.

Dès le début du décollage économique du pays, Alger attire les plus gros flux de travailleurs dépassant deux cents milles, en utilisant le transport du personnel qui parcourent une grande partie des infrastructures (voies nationales et wilayales) de la grande région nord centre du pays.

Les flux par attraction vers l'agglomération-centre à partir de l'intérieur de ses limites urbaines (28 communes) et par émission vers trois niveaux :

***le premier niveau** c'est le périmètre des espaces suburbains situés à l'intérieur de sa propre wilaya :

Le volume des flux des mouvements pendulaires par attraction sont de 62 398 soit 89% des entrants de sa région (région algéroise) ;

Et le volume des flux des mouvements pendulaires par émission vers ces espaces suburbains sont de 7475 soit 11% de l'ensemble des mobilités à l'intérieur de sa propre wilaya qui totalise à elle seule 69 873 travailleurs dans les échanges

Tableau N°08 Les flux par attraction de l'agglomération- centre à partir de l'intérieur de ses limites urbaines (28 communes) et par émission vers trois niveaux :(Volume total des mobilités quotidiennes)

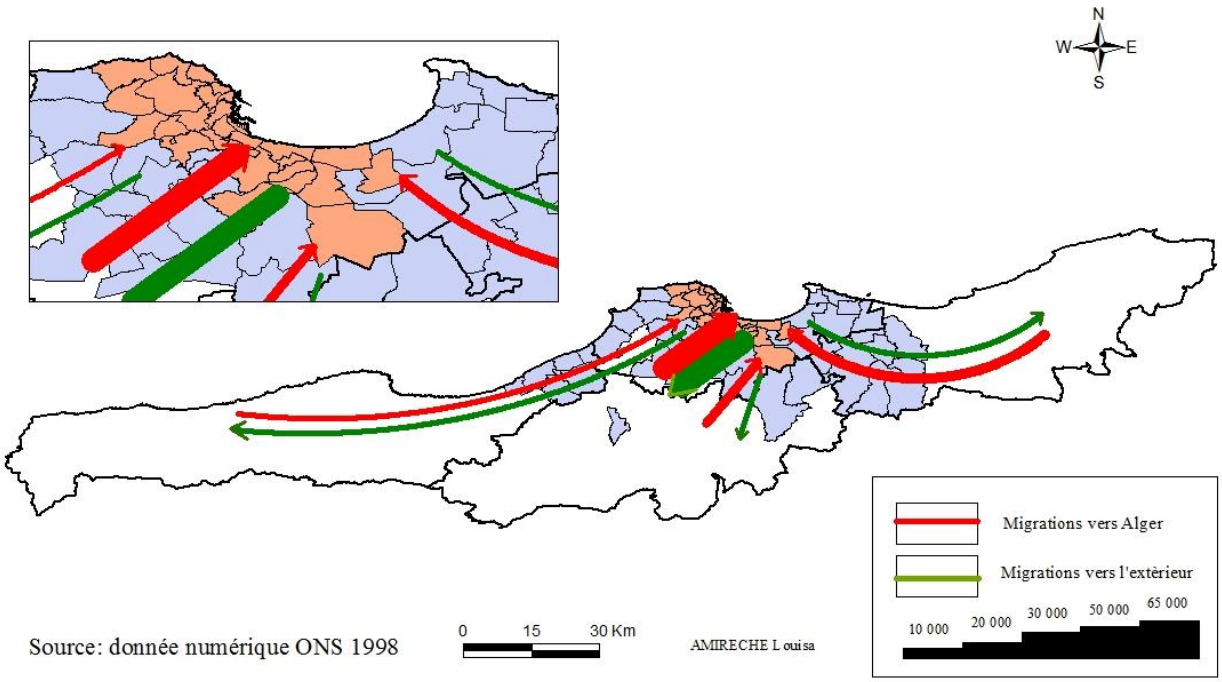
Lieux de résidence des mobilités quotidiennes	Le volume des flux pendulaires	Pourcentage
Les espaces suburbains de la	90 8565	88%

wilaya d'Alger		
Les trois wilayat de la région algéroise	128065	12%
Total des mouvements pendulaire attirés par Alger agglomération-centre	103 374	100%

Source : Les données : brutes de l'ONS tirées du RGPH de 1998

Carte n°: 07

Total des migrations pendulaires des travailleurs à Alger agglomération en 1998 (entrées sorties)



Source: donnée numérique ONS 1998

7-1-2-2-D'importantesmobilités résidentiellesont élargi l'étalement

A l'intérieur de la région algéroise, il existe une certaine tendance à la mobilité de certaines activités vers les périphéries en plus de la concentration à l'intérieur de l'agglomération-centre qui attirent des migrations pendulaires de plus en plus importantes en relation avec l'extension des périphéries résidentielles émanant des zones centrales de l'agglomération-centre.

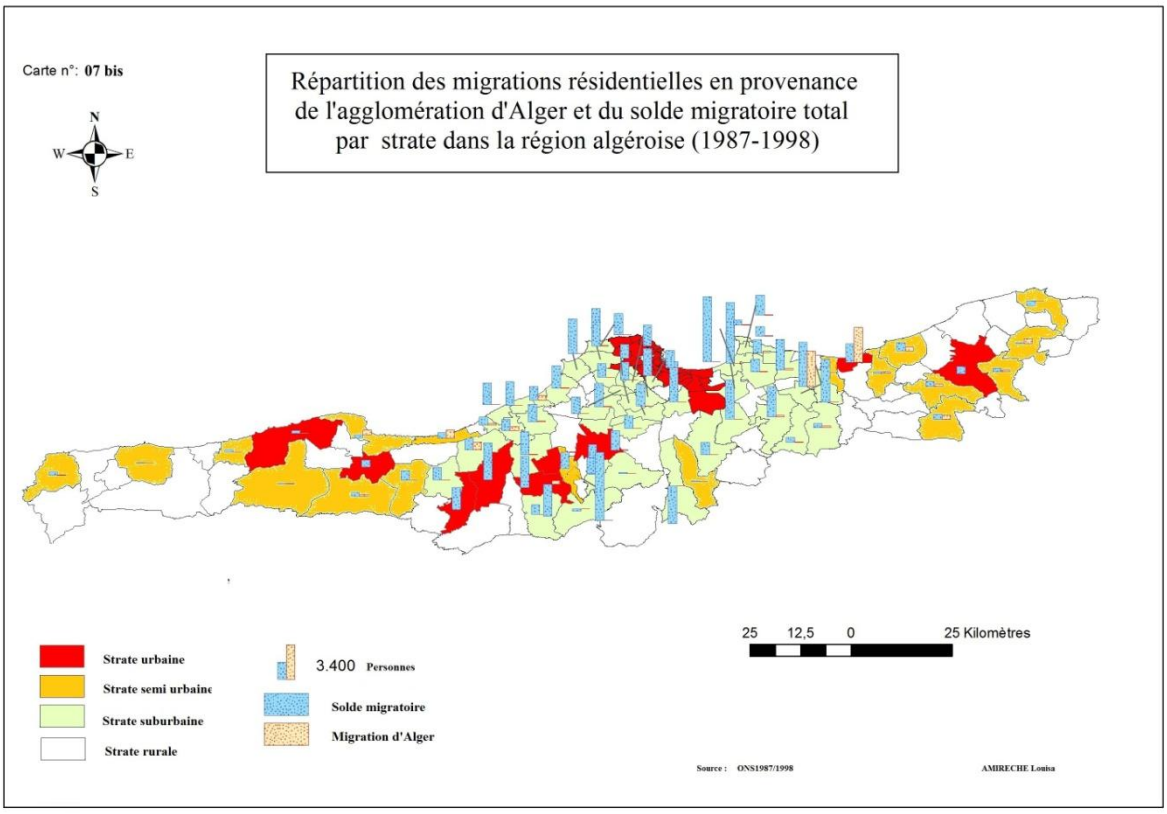
Vu l'éloignement des migrants pendulaires ont comme conséquence au plan de la territorialisation la fixation d'une certaine part dans les proches périphéries de l'agglomération afin de se rapprocher du lieu de travail. Ainsi se transforment des migrants alternants en migrants résidants et étendent ses périphéries en tant que conséquences des déplacements pendulaires quotidiennes.

L'étude des changements de résidence durant la décennie 1987-1998 plus de cent cinquante mille se sont fixés dans les périphéries d'Alger. C'est l'équivalant des volumes d'une ville moyenne qui s'ajoute à la population algéroise, ou nouveaux résidents.

Tableau.N° 09Répartition des mobilités résidentielles par structure métropolitaine dans la région algéroise intercensitaire 1987- 1998.

Structure	**Nombre de communes**	**Total des migrations résidentielles**	**Le pourcentage**
Agglomération d'Alger	28	-33 050	-21%
Le suburbain	45	+92 727	+61%
Le semi urbain	43	+12 499	+9%
Le rural	05	+8 388	+5%
L'urbain hors Alger	36	+1 896	+4%
La région algéroise	142	+151 556	100%

Sources : Données brutes de L'ONS issues du RGPH de 1998, Alger AMIRECHE Louisa


Carte n°: 07 bis
Répartition des migrations résidentielles en provenance de l'agglomération d'Alger et du solde migratoire total par strate dans la région algéroise (1987-1998)
N
W
E
S
Strate urbaine
Strate semi urbaine
Strate suburbaine
Strate rurale
3.400 Personnes
Solde migratoire
Migration d'Alger
25 12,5 0 25 Kilomètres
Source : ONS1987/1998
AMIRECHE Louisa

7-1-3- Les identifiants morphologiques (forme)

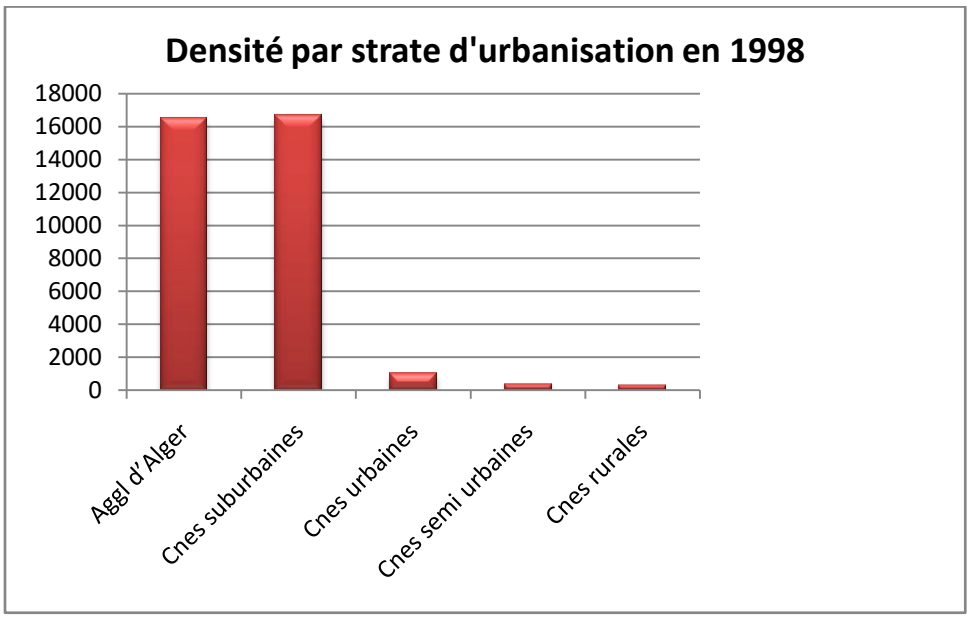
4-1-3-1- Le taux d'urbanisationdemeure fort

L'urbanisation est en constante évolution, surtout autour d'Alger. L'urbanisation dans la région algéroise est appelée à durer et à s'y intensifier. Cette évolution est liée à des taux d'accroissement encore élevés dont la moyenne dépasse celle du pays durant la dernière décennie (1987-1998), 2,5 % par an et à une situation migratoire aussi importante. En conséquence, la population urbaine croît à un rythme supérieur à celui de la population rurale. Ce rythme croissant non seulement entraîne une forte urbanisation, mais surtout fera éclipser le monde rural en engageant des processus de mutations sociales et spatiales.

Parallèlement à cette concentration au sein de l'agglomération, le resserrement des tissus urbains, l'étalement avance d'abord : par les fronts urbains, en densifiant les polarités secondaires proches et lointaines situées sur des axes de communication ; et ensuite partout où permet la disponibilité du foncier conjugué, certes, à d'autres facteurs d'aménités, c'est-à-dire au-delà ;

Ce sont les territoires contigus à la ville centre qui vont recevoir les nouveaux habitants de la ville quelque soit le motif (anciens habitants de la ville tels que les nouveaux ménages : desserrement, ou de nouveaux habitants arrivés qui s'installent : suite au manque d'espace dans la ville)

Ainsi s'effectue l'occupation des espaces immédiats et plus lointains. Cette occupation différentielle de l'espace environnant est commandée par la valeur du foncier qui produit aussi la sélection. Puisque le phénomène est relativement ancien un effort d'identification a établi trois types de territoires, à savoir (selon la proximité de la ville centre) : les territoires suburbains, les territoires péri urbains et les territoires semi urbains).



4-1-3-2- la densité est en augmentation continue

Comme nous l'avons déjà vu dans la répartition de 1966, les densités en 1998, transgressent à partir de l'agglomération d'Alger tout en augmentant sensiblement. Cependant, les modifications se sont opérées avec des proportions variables selon pratiquement la même logique : c'est-à-dire le maintient de l'hypertrophie du pôle algérois. Le phénomène d'agglomération se poursuit tout en se déplaçant vers le haut.

La densité continue de croître dans l'agglomération tout en augmentant sensiblement ; autrement dit une certaine répartition s'effectue à partir d'elle en décadence vers la périphérie

Tableau n°10 Répartition des densités par strate d'urbanisation en 1998.

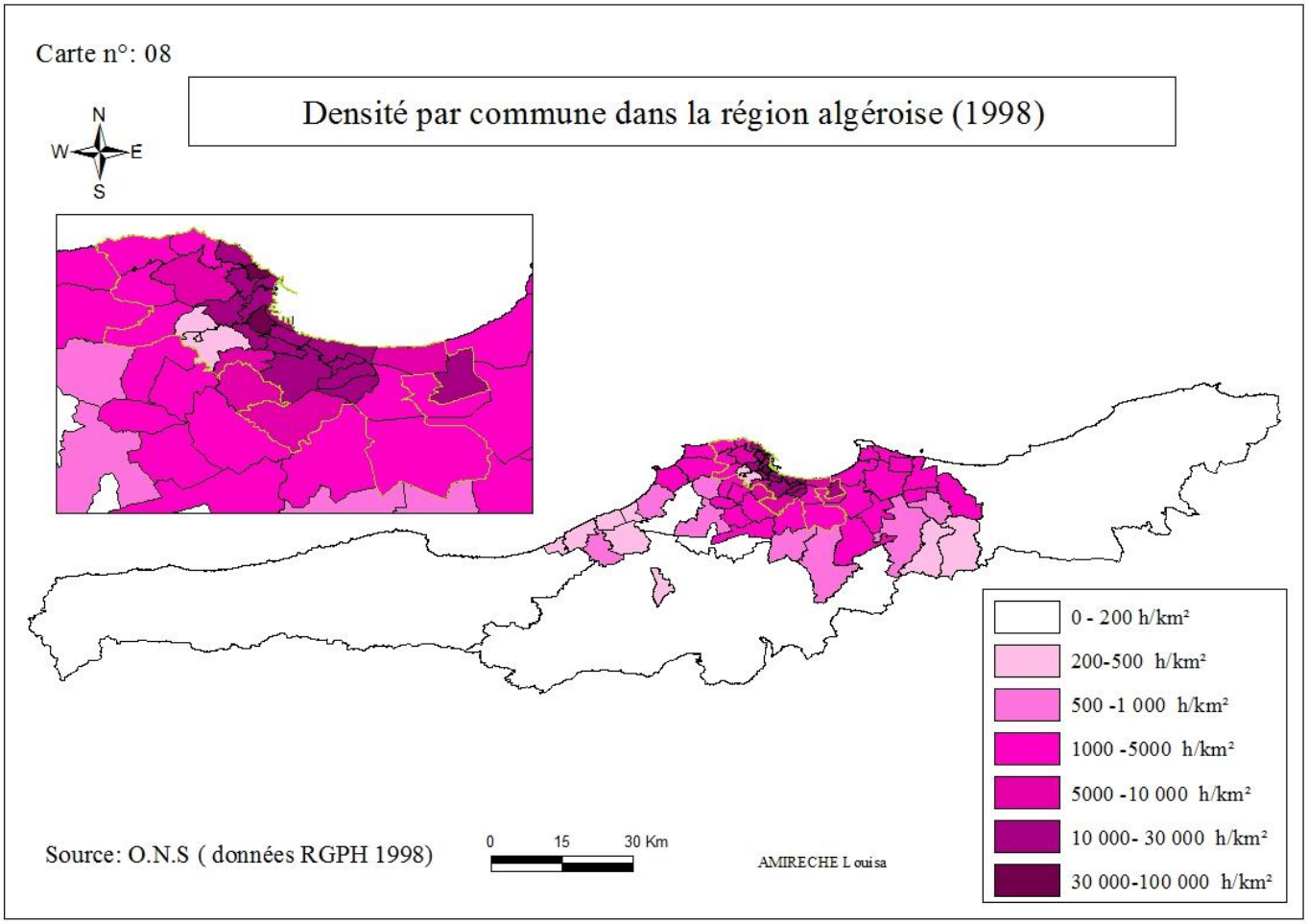
strate	Aggl d'Alger	Cnes suburbaines	Cnes urbaines	Cnes semi urbaines	Cnes rurales
Densité hts/km²	16.483	16674	1012	367	290

Source : ONS, données du RGPH de 1998.

Cette petite région nord centre demeure la plus dense du littoral algérien, de la région nord centre d'Algérie, avec 4625 hts/km². Sa densité a aussi augmenté depuis 1966, d'une façon considérable.

La densité répartie par strate a augmenté partout sensiblement, cependant les proportions entre les différentes strates et celle de l'agglomération d'Alger ont diminué. Ce phénomène clarifie une nouvelle fois le processus de métropolisation en cours dont l'effet est une certaine distribution des densités à partir de l'agglomération graduellement vers les périphéries. Le tableau suivant met en exergue cette action.

Carte n°: 08


Densité par commune dans la région algéroise (1998)
N
W
E
S
0 - 200 h/km²
200-500 h/km²
500 -1 000 h/km²
1000 -5000 h/km²
5000 -10 000 h/km²
10 000- 30 000 h/km²
30 000-100 000 h/km²
Source: O.N.S (données RGPH 1998)
0
15
30 Km
AMIRECHE Louisa

7-2-EVOLUTION DE LA SUBURBANISTION ENTRE 1966-1998 DEMONTRENT CLAIREMENT DES PROCESSUS DE LA METROPOLISATION

7-1- Evolution des surfaces et du nombre des communes

L'étendue des espaces périphériques a augmenté sensiblement ainsi que l'évolution nombre de communes par structure métropolitaine L'agglomération passe de d'une grande commune particulières à 28 et les espaces suburbains 09 à 45communes, comme le montre le tableau suivant :

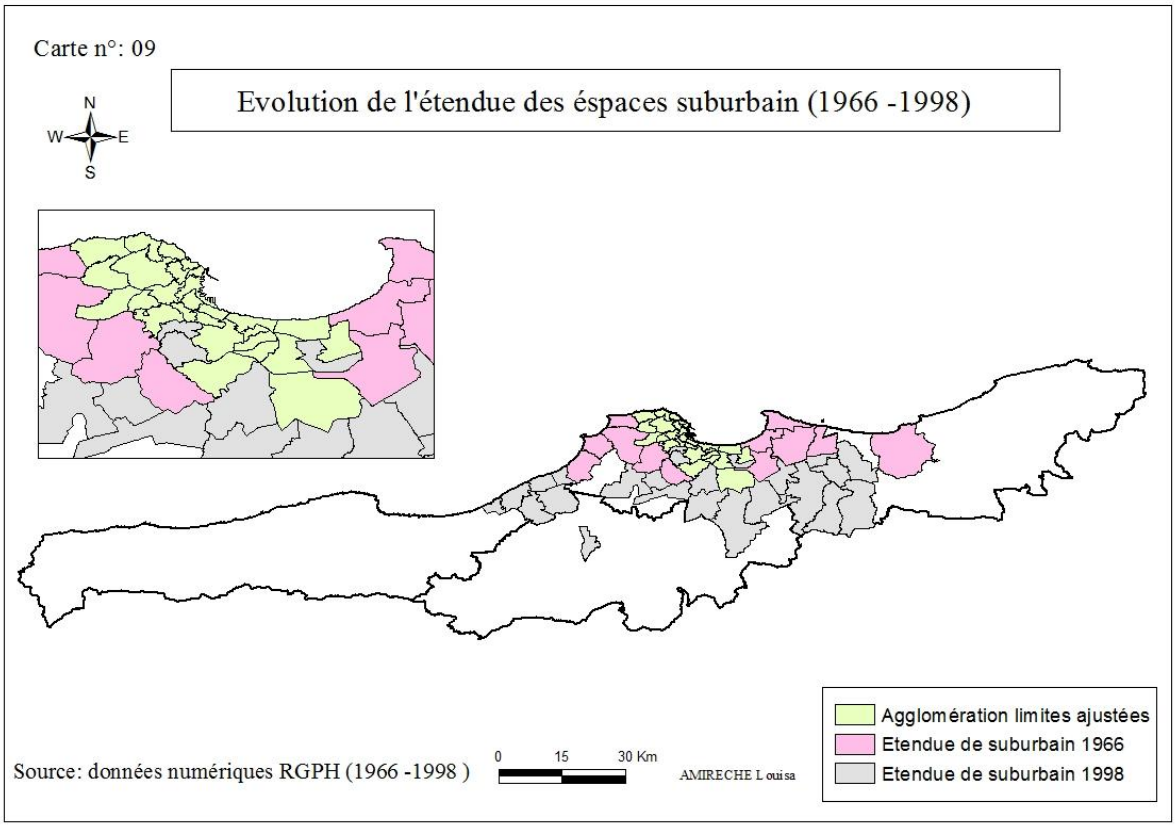
Tableau N° 11-Répartition du nombre de communes selon la structure de la métropole

Structure	**Nombre de communes**
Agglomération d'Alger	28
Le suburbain	45
Le semi urbain	43
Le rural	05
L'urbain hors Alger	36
La région algéroise	142

Source : ONS, données du RGPH 1998.

Une brève lecture des évolutions par un certain nombre de facteurs et indicateurs montre parfaitement les principales caractéristiques comme l'étendue des espaces suburbains-périurbains, les contenants démographiques entre l'agglomération-centre et ses espaces périphériques impulsion expulsion, confirmés par les taux de croissance ainsi que les densités.

Les facteurs de mobilités résidentielles et mobilités quotidiennes disponibles renforcent et confirment le phénomène de la suburbanisation-périurbanisation.


Carte n°: 09
Evolution de l'étendue des éspaces suburbain (1966 -1998)
N
W
E
S
Source: données numériques RGPH (1966 -1998)
0
15
30 Km
AMIRECHE Louisa
Agglomération limites ajustées
Etendue de suburbain 1966
Etendue de suburbain 1998

7-1-1- Evolution des dynamiques démographiques

Dans Alger et autour les dynamiques démographiques sont très actifs aussi bien en matière d'effectifs que de taux de croissance.

7-1-1-1- Evolution des effectifs de population

.Evolution de la population : un regard sur 32 ans de croissanceL'analyse des évolutions produites durant trente deux ans, entre deux moments 1966 et 1998, montre que les dynamiques de localisation des populations varient dans l'espace. Le processus de déconcentration de la métropole au profit des périphéries appartient à la métropolisation. Le modèle centre périphérie œuvre durant cette période aux dépends de la métropole et par la même occasion aux dépends des communes urbaines.

Le poids du total de l'urbain, la métropole et les villes autour, est en constante diminution. 21% des effectifs de population se sont transférés vers des périphéries qui s'organisent bien évidemment autour de la métropole. Les zones urbaines perdent et les périphéries récupèrent suite à une structuration, une augmentation du taux de modernisation et une amélioration importante des conditions de déplacements. Ce phénomène traduit le processus de périurbanisation à un point où les tendances se renversent et s'égalisent, la périphérie est entrain de récupérer les populations des villes et entre autre celles de la métropole. Nous avons observé que la ville de Blida a entamé le processus depuis et c'est la seule ville qui a produit du suburbain autour, la commune d'OuledYaich. Blida vient en deuxième position après Alger en taille de population.Le tableau ci-après récapitule les transformations avancées suite à la comparaison des deux moments 1966 et 1998

Tableau n°12 : Répartition de l'évolution des effectifs sur 32 ans exprimée en poids (%)

Strate	Poids en 1966 en %	Poids en 1998 en %	Evolution en %
Agglomération d'Alger	55	36	-19
Communes suburbaines	18	29	+11

Communes urbaines	12	10	-2
Communes semi urbaines	7	17	+10
Communes rurales	8	8	0
Total des 4 wilayat	100	100	//

Sources : O.N.S. données brutes du R.G.P.H 66-98

En l'espace de 32 ans l'agglomération d'Alger a perdu en effectif l'équivalent de 836.007 habitants malgré l'étalement urbain, les changements morphologiques et le niveau d'urbanisation. Il semble que la saturation des espaces de l'agglomération est à l'origine de la diminution de son poids à l'intérieur même de son aire d'influence immédiate (la région) de moins de 19%.

Cette simple analyse de l'évolution des effectifs est révélatrice non seulement de la nouvelle étape de croissance de la métropole mais surtout d'un autre niveau d'urbanisation, c'est-à-dire la métropolisation. Un regard supplémentaire sur l'évolution de la dernière décennie 1998-2009dévoile encore une diminution des effectifs de population, toujours dans les anciennes limites des 28 communes. Cependant elle maintient le poids précédent de 36% par rapport au total des quatre wilayat. Nous notons que le phénomène est en constante continuité.

Les communes urbaines, l'urbain hors Alger, durant la même période gagne en effectifs égal à 2,5 fois. Quant à son poids, il diminue de -2% par rapport au total des effectifs. Ce phénomène traduit une certaine saturation des espaces urbains dans le total des villes situées autour de la métropole et dont les surplus ont été déversés ailleurs, loin de leurs limites.

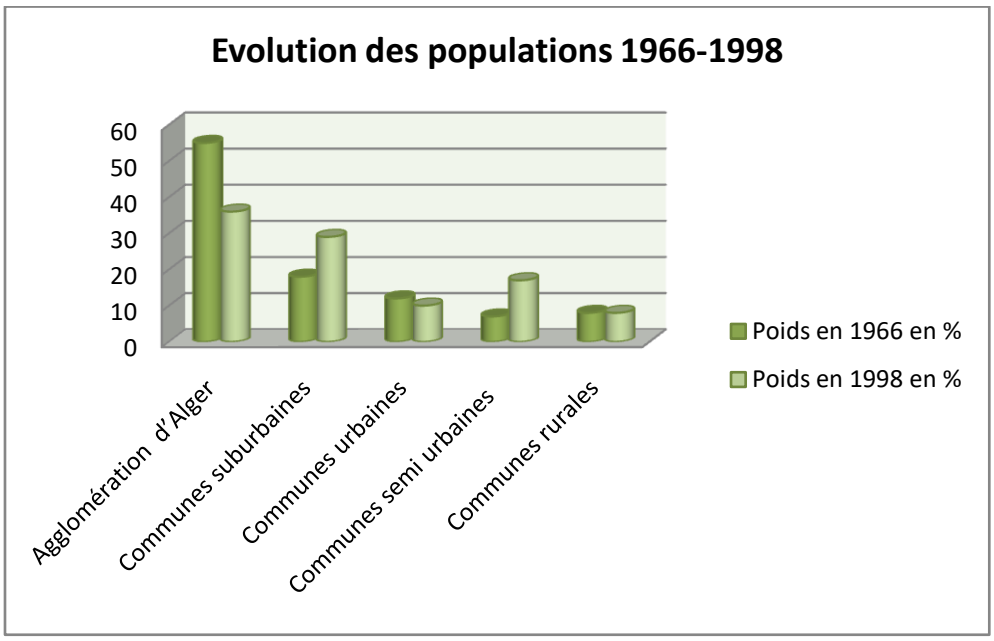
Les communes semi urbaines, l'évolution la plus spectaculaire se matérialise dans cette strate du semi urbain où les effectifs se sont multipliés de 8 fois jusqu'à se rapprocher du poids du suburbain. Ce gain de poids atteint +10% par rapport au total des effectifs. Ce phénomène indique des transformations de l'urbanisation de cet espace qualifié, d'intermédiaire : mi-urbain ; mi-rural. Il fait partie de la deuxième couronne où il reçoit des surplus très importants, en provenance certaine de l'organisme de la métropole, principalement des autres villes et même de l'espace rural qui régresse.

Les communes rurales, ces communes ont augmenté leurs effectifs de trois fois, ce qui apparaît tout à fait naturel, puisque l'espace rural joue le rôle de pourvoyeur de population pour l'espace urbain du fait de l'accroissement naturel en son sein.

Malgré le rétrécissement spatial de ces communes et la diminution de leur nombre, elles ont gardé stable leur poids, 8ù en 32 ans, tout en demeurant fournisseur à certaines strates d'urbanisation (migration) si ce n'est à toutes les autres strates sans distinction.

La population de l'agglomération d'Alger atteint 1.680.656 habitants en 1998, elle était de 1.507.241 habitants en 1987. Ce qui signifie que le croît de l'agglomération, malgré le maintien en matière de poids, est de 173.415 habitants, l'équivalent d'une grande ville en deux décennies. En ce qui concerne l'ensemble des quatre wilayat, le croît est de 1.776.262 habitants dont la zone périphérique a augmenté de 1.550.191 habitants, c'est-à-dire 87,27 % de l'ensemble du croît. Cette répartition au cours de cette période s'effectue au profit des périphéries, avec un desserrement notamment dans les quartiers centraux et quartiers formant la ville d'Alger. Donc, la répartition de la population est en faveur des marges de l'agglomération, qui se déferlent par ondes successives vers les limites ou les espaces qui limitent le périmètre des quatre wilayat.

Les volumes de populations des espaces suburbains sont devenus important qu'au paravent, par rapport à l'agglomération -centre qui malgré à cette période elle était entrain de diminuer à partir de ses quartiers centraux.



7-1-1-2 Une importante-évolution des taux de croissance

Les taux de croissance ont battu le recors et dépassent quelquefois 12%. C'est réellement une phase de suburbanisation-périurbanisation par excellence. Elle confirme démographiquement les processus de métropolisation.

L'examen de l'évolution des taux de croissance durant la période 1966-1998 montre une tendance à la baisse, entamée depuis 1977. Cette baisse dans l'ensemble des wilayat de la petite région algéroise est due aux différents mouvements des populations. L'intense industrialisation des mouvements des cadres et de la main d'œuvre qualifiée et non qualifiée. Centre très important de la formation, Alger forme et distribue sur le territoire des cadres qualifiés pour assurer l'encadrement administratif et économique du décollage du pays. Cependant juste après la décennie 1990 a quelque peu chamboulé les efforts déployés et à transformé cette petite région d'attractive à répulsive à cause de l'insécurité qui a reigné.La région algéroise est marquée par une grande tendance à la baisse des taux de croissance

La moyenne du taux de croissance dans le périmètre des quatre wilayat tourne autour du croît naturel, 2,38ù par an. Les vicissitudes ont eu un impact négatif dans de nombreux domaines et ont causé un recul économique et un arrêt du processus de la métropolisation d'Alger. La métropole algéroise était bien engagée à transformer l'espace autour d'elle, mais la conjecture a empêché gravement ce développement.

Malgré cela, le processus de restructuration a résisté tout de même à réaliser et persévérer le modèle centre périphérie.

La logique qui caractérise et ressort de la répartition des taux de croissance est mieux clarifiée que par l'analyse des effectifs. Ainsi les processus de la métropolisation d'Alger paraissent non seulement, plus claires mais surtout traduisent mieux la structure qui en découle. A cette étape la croissance est certes bien différenciée mais montre mieux les mouvements de populations centripètes de la métropole vers ses périphéries différenciées.

7-1-2-Les migrations pendulaires de travail

Il y a plusieurs types de migrations ou mouvements migratoires selon l'origine et la destination : migrations intra urbaine entre les quartiers d'une même agglomération, migrations inter urbaines, entres les villes, migration régionale ou inter régionales etc. Chacune répond à une logique ou des logiques selon les circonstances.

7-1- Les mobilités quotidiennes entre l'agglomération et ses espaces suburbains – périurbains

Les mobilités quotidiennes ont étudiées selon trois niveaux territoriaux. Les deux premiers sont indissociables à cause de la territorialisation des espaces suburbains qui s'étalent massivement dans la wilaya d'Alger et moins importantes dans les autres wilayat de la région algéroise.

***Premier niveau**

Tableau N°13 Total des déplacements des travailleurs de leurs lieux suburbains de résidence vers l'agglomération-centre d'Alger

A partir des lieux de résidence	Total des déplacements pendulaires	Pourcentage
A partir des espaces suburbains situés dans la wilaya d'Alger	62 398	80%
A partir des espaces	28 167	20

suburbains situés dans les 03 wilayat limitrphes d'Alger		
Total général des travailleurs	**110 000**	**100%**

Sources : O.N.S. données brutes du R.G.P.H 1998

***Le deuxième niveau** c'est le périmètre des espaces suburbains situés dans les trois wilayat limitrophes de la région algéroise qui constitue le reste du total des espaces suburbains de l'agglomération centre d'Alger :

Les flux des mouvements pendulaires par attraction sont de soit % de l'ensemble des flux des espaces suburbains d'Alger dans sa région et au-delà du périmètre de sa propre wilaya soit % du total des flux émis par l'agglomération-centre dans sa région algéroise

Les flux des mouvements pendulaires par émission sont de 5394 soit % de l'ensemble des flux des espaces suburbains d'Alger dans sa région et au-delà du périmètre de sa propre wilaya soit 11% du total des flux émis par l'agglomération -cntre dans sa région algéroise

Tableau N°14 Total des déplacements des travailleurs de leurs lieux de résidence les espaces suburbains des trois wilayat de la région d'alger, vers l'agglomération-centre d'Alger, détaillé

A partir des lieux de résidence	**Total des déplacements pendulaires**	**Pourcentage**
A partir de la wilaya de Blida	**11 292**	**40%**
A partir des lieux résidence de la wilaya de boumerdes	**11 097**	**39%**
A partir des lieux résidence de la wilaya de Tipaza	**5778**	**121%**
Total général	**28 167**	**100%**

Sources : O.N.S. données brutes du R.G.P.H 1998

***Le troisième niveau**

C'est le territoire au-delà de la région algéroise composé de six wilaya qui fonctionne avec l'agglomération –centre d'Alger (ce territoire complète le périmètre de la région nord centre du pays :

Les flux des mouvements pendulaires **par attraction** sont de soit % de l'ensemble des flux composé de six wilayat qui fonctionnent avec l'agglomération –centre d'Alger (ce territoire complète le périmètre de la région nord centre du pays :

Les flux des mouvements pendulaires **par émission** sont de 5394 soit % de l'ensemble des flux du reste de la région nord-centre composé de six wilaya qui fonctionnent avec l'agglomération –centre d'Alger (ce territoire complète le périmètre de la région nord centre du pays :

7-1-Des mobilités quotidiennes se territorialisent et se transforment en des migrations résidentielles

On rencontre des migrations qui induisent d'autres transformées, ainsi les migrations pendulaires dont l'itinéraire est important ou contraignant selon certains facteurs, se transforment en migrations résidentielles dans le but de se rapprocher souvent du lieu de travail. C'est le cas d'une proportion des mobilités pendulaires lointaines vers Alger, s'est fixée dans les périphéries de l'agglomération d'Alger.Une certaine proportion des mobilités quotidiennes s'est transformée en migrations résidentielles (sont de plus en plus importantes).

7-1-2-3-Des mutations en formes particulières ou morphologiques

La croissance de l'urbanisation en périphérie de l'agglomération mère (métropole) se traduit au premier plan par une consommation foncière de terrains jusqu'alors non urbanisés. Cette dynamique s'effectue aussi bien dans l'agglomération que dans ses périphéries. La cartographie des territoires concernés permet de mettre en exergue aussi bien la tache urbaine (tissus continus) et les prolongements en continuité ou en discontinuité.

7-1-2-3-1- Le taux d'urbanisation demeure fort

Les étapes d'urbanisation ont fait l'objet d'étude spatiale en concordance avec les types d'établissements spatiaux qui représentent en quelques sortes des niveaux et les formes d'urbanisation obtenus ou produits (regroupement et dispersion).

Etalement urbain et des activités sont rendus possibles grâce à l'amélioration des transports et des déplacements, ce qui a entrainé l'émergence des nouvelles centralités et polarités, ainsi qu'à de nouvelles spécialisations de l'espace par les activités.

4-1-3-2- la densité augmente encore

L'évolution des densités a produit une hypertrophie généraliséePar rapport à l'année de base (1966), la densité a augmenté sensiblement partout 32 ans après. Le solde varie entre 3994 hts /km² et 146 hts/km², respectivement Alger (urbain) et espace rural. L'occupation des sols devient intensive aussi bien dans l'espace urbain que l'espace rural. Cette situation suscite un examen profond, au-delà des seuils de densités variables selon les pays et les auteurs.

L'évolution des densités 1966-1998 par strateL'évolution va nous rendre compte si le peuplement se dilue uniformément dans notre territoire ou s'organise autrement, car par essence le peuplement ne se dilue pas de manière uniforme dans un territoire, mais s'organise en agrégats de dimension très variable. Chaque noyau d'habitat introduit une rupture dans le paysage avec le surgissement du bâti et une discontinuité dans les densités ( ).

L'agglomération d'Alger demeure la plus dense malgré l'allègement de sa population, nous rappelons que l'évolution de la densité, accompagne à la fois l'évolution spatiale et l'évolution du niveau d'urbanisation …, pour le cas d'Alger de 1966 à 1998 l'espace s'est multiplié par 4 et la densité a augmenté de 3994 hts/km² ; elle passe ainsi de 12.489 hts/km² à 16.483 hts/km².

Les communes suburbaines se densifient d'avantage, immédiatement autour de l'agglomération d'Alger, les communes suburbaines ont augmenté de densité de 1037 hts/km², c'est-à-dire de presque 3 fois la densité de 1966. Cette densité s'est proportionnellement élevée avec l'augmentation du nombre de communes suburbaines. Cela explique que l'élévation de densité a été conjuguée à l'expansion de l'espace suburbain.

Les communes urbaines se sont plus densifiées que les précédentes,d'une façon générale, les communes urbaines ne se sont pas densifieés uniformément. La plus dense demeure Blida. La moyenne a augmenté de 796 hts/km², c'est-à-dire elle passe de 216 à 1012 hts/km², elle a été multiplié par 5.

Les communes semi-urbaines conservent de forte densité, cette strate demeure plus importante en matière de peuplement, sa densité a encore augmenté à peine de 2 fois, passant de 1926 hts/km² en 1966 à 3674 hts/km² et le croît s'évalue à 1748 hts/km². Cette proportion devance les communes urbaines et la place immédiatement après la métropole.

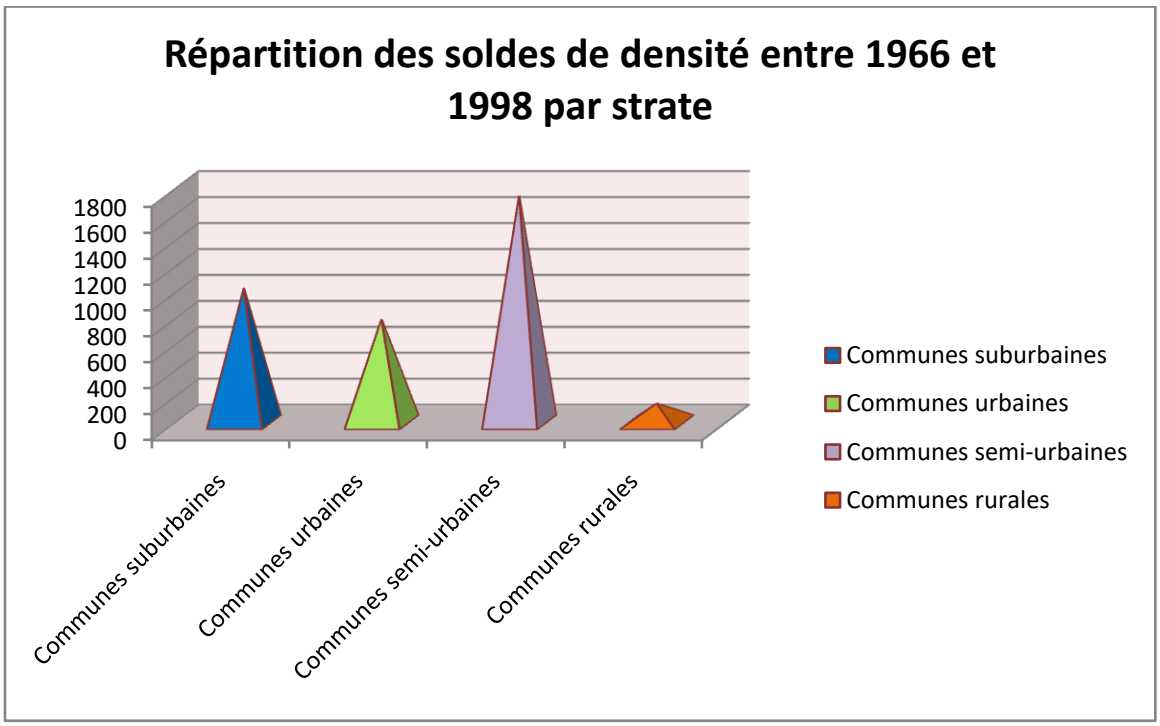
Les communes rurales ont aussi augmenté de densité,l'espace rural, du fait de sa proximité de la métropole subit des évolutions incroyables. Ici la densité a augmenté et l'espace s'est réduit sensiblement. La densité passe de 144 hts/km² à 290 hts/km², c'est-à-dire deux fois plus qu'auparavant.

En conclusion, nous pouvons constater que c'est l'urbain et Alger qui se sont les plus évoluées. La concentration appelle la concentration. Cependant, vient par la suite le semi-urbain, le suburbain et l'espace rural. Le tableau qui suit évoque les différentes évolutions par strate.

Tableau n°15 : Répartition des soldes de densité entre 1966 et 1998 par strate.

strate	Agglomération d'Alger	Communes suburbaines	Communes urbaine	Communes semi-urbaines	Communes urbaines
Densité supplémentaire entre 1966-1998	+32994	+1037	+796	+1748	+146
Nbre de fois	1,3 fois	3 fois	5 fois	2 fois	≈ 2 fois

Source : ONS, données du RGPH 1966-1998



7-3-LES PARTICULARITES DE LA SUBURBANISATION-PERIURBANISATION ALGEROISE

D'après les lectures sur les modèles occidentaux que nous avons connus il ressort des différences dans beaucoup d'aspects qui identifient les processus de la métropolisation qui produit la périurbanisation-suburbanisation. Ces différences ne sont pas fondamentales d'une façon frappante, c'est pourquoi nous les relevons en les considérants comme des particularités spécifiques à l'Algérie et à sa capitale avec la région qui la cerne.

Nous avons relevé les processus tels que les gros effectifs, la croissance accélérée, la forte densité, l'intense urbanisation, la mixité fonctionnelle, pour ne citer que les plus importantes.

7-3-1- Une occupation très dense et une croissance accélérée par rapport au modelclassique

L'étude des données des recensements montre bien un accroissement général de la densité de population, l'ensemble de la région algéroise a augmenté sa densité de plus de 1000 hts au km². Cette moyenne cache une tendance qui se rapporte au processus de métropolisation qui structure la petite région d'Alger en des formes morphologiques appropriées. Entre 1966 et

1998, l'agglomération d'Alger a augmenté de +30% soit 3994 hts/km² ; la première couronne suburbaine de + de 165% soit 1037 hts/km² et la deuxième couronne périurbaine a fait augmenter sa densité de 117% soit de 896 hts/km² (Cf. tableau ci-après).

Tableau n° 16- Evolution des densités entre 1966-1998 par structure morphologique

Structure morphologique	L'agglomération	1ère couronne suburbaine	2ème couronne périurbaine
Evolution des densités hts/km²	3994	1037	896

Source:ONS données du RGPH 1966-1998.

L'ensemble du territoire d'Alger métropole montre structure morphologique dense

7-3-2-Une urbanisation généralisée

L'extension de l'urbain dans la région algéroise résulte du développement du processus de métropolisation, dont le recul des limites de l'urbain sur l'espace rural est le plus manifesté. Donc, la ville a tendance à s'étaler sur des espaces sans cesse plus larges qu'il convient de parler d'espace urbain ou d'espace urbanisé que de ville. Il n'y a pas de ville à proprement parler, il y a des « zones urbanisées ».

7-3-3-Des processus identiques mais particuliers : décalés dans le temps et diversifiés dansles formes et les fonctions.

Le processus qui à l'origine était classique c'est –à-dire le départ des populations était lié aux stratégies des habitants. Récemment des actions volontaires ont accéléré le processus par le report sur les périphéries dans le contexte d'éviter d'autres concentrations pathologiques, ou forme de crise d'espaces à l'intérieur de la ville ou agglomération-centre, souvent suite à un évènement de cataclysme naturel.

7-3-4-Les caractéristiques morphologiques produites des espaces métropolisés (suburbains) sont hétérogènes

Les espaces sont hétérogènes, il y a des pôles préexistants situés dans l'espace rural, des anciens villages.., quand ils sont touchés par des mobilités résidentielles se transforment en centres de service, à cause de leur mutation en nouveaux lieux de résidence pour les populations qui travaillent dans la ville- centre (ceux sont de nouveaux urbains).

Les anciens villages deviennent aussi de nouveaux lieux de services car ils fixent des activités de production et de commerce.

Ces espaces métropolisés deviennent ainsi de moins en moins agricoles, à cause de la nouvelle population ne change pas son mode de vie urbain, d'où leur qualification suburbains ou périurbain. Si le travail est gardé en ville-centre ces pôles et anciens villages deviennent de centres dortoirs.

7-3-5- Les espaces périphériques ne sont pas monofonctionnels, ils sont plutôt mixtes

Cette mixité est souvent informelle dans la majorité des communes suburbaines à tel point qu'ils intègrent certaines activités incompatibles avec la fonction résidentielle qui était là l'origine de la création de l'habitat individuel. Contrairement à l'habitat collectif étatique qui ne contient que quelques équipements résidentiels de base. Ce qui les rend à caractère urbain que semi urbain même s'il est périphérique.

C'est cette mixité qui a conduit l'ONS à élargir l'espace urbain de l'agglomération de 28 communes à 44 communes, en incluant notamment les communes suburbaines à forte tax d'urbanisation.

8 UNE PARFAITE-ANALOGIE DE LA VILLE OU L'AGGLOMERATION-CENTREAU MODEL CLASSIQUE DANS SES PROCESSS METROPOLITAINS

8-1-2- La ville ou agglomération-centre se modernise davantage

Depuis les années 1980 la ville ou l'agglomération-centre condense et resserre ses composantes en remplissant les espaces délaissés vides à cause de la topographie en renforçant à l'aide de nouveaux moyens techniques. Le plus souvent elle réalise ses grands équipements d'envergure moderne qui relève de son identité les grands équipements urbains (G.P.U). Améliore ses infrastructures de transport afin d'harmoniser son ensemble en le modernisant.

8-1-3-Les dynamiques démographiques d'Alger sont conformes aux modèles classiques

Le volume des effectifs de population est en diminution continue ainsi qu'une sensible baisse dutaux de croissance qui expliquent les processus de métropolisation

8-1-4- Un fort pouvoir d'attractivité et de redistribution qui mobilise des migrations

Alger mobilise autour d'elle plus de 130 000 déplacements, l'équivalant d'une ville moyenne. Au total il y a 136 000 habitants, travailleurs qui se déplacent des communes de la région nord centre et l'inverse. La polarisation des territoires de 09 wilayat, est le résultat du pouvoir d'attraction de l'agglomération d'Alger sur la région immédiate et lointaine, en tant que métropole régional et nationale.

8-1-4-1-Des mobilités quotidiennes ou alternantes(centrifuges et centripètes) prennent de l'ampleur et confèrent à Alger un caractèred'une ville de mobilité

Ce territoire de troisième niveau est le situé au-delà de la région algéroise composé de six wilaya qui fonctionnent avec l'agglomération –centre d'Alger.Ces mouvements pendulaires représentent les flux les plus massifs et le plus vaste bassin du pays.

Par attraction et émission les tableaux suivants mettent en exergue l'importance des flux de la région algéroise inégalée ailleurs, comme territoire de son fonctionnement quotidien. C est la métapole d'Alger (Acher F.). Ainsi Alger est au cœur du fonctionnement et de la dynamique de ce territoire.

Tableau n° 17 d'Attraction des mobilités quotidiennes de la région nord-cntre

Les deux grands niveaux	Total des flux des travailleurs	Pourcentage
(N 1)Attraction Alger à partir des espaces suburbains	90505	45%
(N2)Attraction Alger à partir de la région nord centre	110500	55%
Total des mobilités des travailleurs quotidiens	200 005	100%

Source : statiques à état brut de l'ONS du RGPH 1998 Alger

Tableau n° 18- Emissiondes mobilités quotidiennes de la région nord-cntre

Emission d'Alger vers	Chiffres absolus	Pourcentage
Les espaces suburbains de la w.d'Alger	7475	41%
Les espaces suburbains des 03 w. limitrophes d'Alger	5396	38%
La région nord centre	2394	13%
D'autres lieux au -delà	2896	16%
Total général	18159	100%

Source : statiques à état brut de l'ONS du RGPH 1998 Alger

8-1-4-2-Les mobilités résidentielles

Des fixations d'un certain nombre des migrants pendulaires s'installent dans les communes du front d'urbanisation de l'agglomération ou à l'intérieur du périmètre de l'agglomération.

8-1-5- Au plan morphologique : Alger se fait peau neuve et met en relief et en valeur sa façade face à la Méditerranée

Dans le cadre des plans d'aménagement Alger est en cours de se structurer, rénover …afin de se doter d'une image idéale qui rehausser sa place de la Méditerranée en ville mondiale

8-1-5-1- la densité baisse mais demeure forte

Malgré la diminution des effectifs de sa population ses densités restent fortes tout en étant dans les normes du centre de l'urbain contemporain.

8-2-EVOLUTION DE LA VILLE OU L'AGGLOMERATION CENTRE ENTRE1966-1998, DEMONTRE FORMELLEMENT LES PROCESSUS DE LA METROPOLISATION

Des mutations des espaces de la ville ou agglomération-centre notables liées aux évènements survenus ont eu des conséquences dont la résolution exige certaine temps. Contrairement aux espaces périphériques, les processus métropolitains œuvrant dans la ville ou l'agglomération-centre sont analogues, au modèle classique

8-2-1-Les mutations des espaces de la ville ou agglomération-centre

Des transformations se sont produites telles que les ghettos dans, la vétusté des constructions, l'habitat précaire, la rénovation et la restructuration etc.

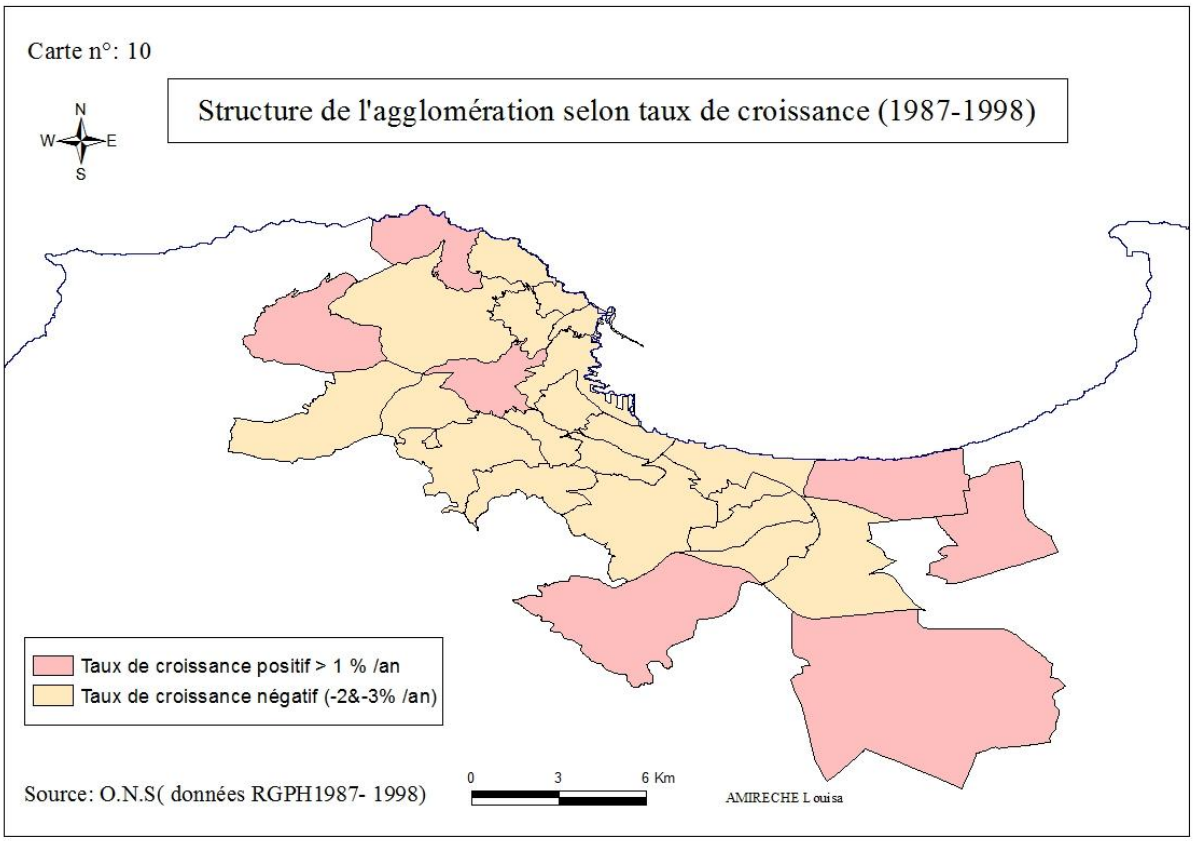
Ces espaces exigent des interventions appropriées et dans la durée, dont beaucoup sont anciens qui se sont multipliés avec le temps et surtout suite à des cataclysmes survenus récemment (inondations, séismes…).

Ainsi la ville ou l'agglomération – centre a vu sa population diminuer suite aux événements cités (naturels, conjoncturelles) et surtout aux mouvements liés au changement de résidence, des déménagements entre plusieurs wilayat vers Alger capitale.

Elle attire des populations mais faute d'espaces, elle les redistribue sur ses périphéries. Cette situation n'est pas facile à redresser face aux exigences de la mondialisation grandissante.

8-2-2--contrairement aux espaces périphériques, les processus métropolitains œuvrant dans la ville ou l'agglomération-centre sont analogues, au modèle classique

Pendant que le suburbain ou périurbain se développe, l'agglomération algéroise se charge de valeurs souvent négatives, tels l'encombrement de ses voies, la pollution l'artificialisation de ses sols, etc.



9-DES TENTATIVES DE MAITRISE DE CES NOUVEAUX ESPACES N'ONT PAS TOUJOURS PARVENUES

Les espaces suburbains présentent de nouvelles caractéristiques qui ne sont ni totalement urbaines ni totalement rurales posent des problèmes nouveaux quant à leur identification et surtout de leur gestion. Ces espaces stoppent l'opposition entre l'urbain et le rural. Ils se sont développés par l'extension de l'agglomération sur sa propre campagne.

Quand ils prennent de l'ampleur ils compliquent encore les problèmes de gestion et de ce fait ils suscitent des sérieuses réflexions.

Au moment de l'ouverture de l'Algérie sur l'économie de marché, des problèmes en cours de résolutions se sont retardés et amplifiés tels que le logement, les infrastructures de première stratégie (route, chemin de fer, des grands équipements urbains liés au transport etc. Quant à

la gestion qui, face à ces problèmes tout azimut, consacre l'essentiel au développement territorial de l'arsenal des villes croissantes, sans se pencher réellement sur ces espaces périurbains des plus grandes villes. Le casd'Alger qui s'avère le plus important et complexe

Les processus de formation de ces espaces posent des problèmes de gestion. Il s'agit du problème de cadre territorial dans le cas du suburbain-périurbain. Sachant que la majorité de ces espaces se situent dans des communes nouvellement constituées (lors de l'avant dernier découpage 1984), le problème de gestion s'est posé dans un autre contexte lié à la croissance démographique qui compromet l'équilibre d'Alger. Il s'agissait de stopper ou réduire les arrivées dans la ville-centre les populations qui y habitent par la création d'un cadre d'aménagement spécifique, sur place, qui stipule de réaliser des équipements de priorité et de l'habitat. C'était des plans d'aménagement et d'urbanisme rapide appelés plan d'urbanisme provisoire (PUP) afin de créer un périmètre permettant des réserves foncières pour localiser leurs besoins, à court terme (cinq ans)

Le phénomène n'a pas été réduit à cause du pouvoir d'attraction inégalé ailleurs, il persiste en perpétuant la crise de croissance. Ce n'est qu'à partir des années 1990 que des plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme (PDAU), dans ces communes périphériques d'Alger notamment précisées lors de la dernière consistance territoriale spécifique pour la wilaya d'Alger qui à la fois l'agglomération officielle a été délimitée par décret officielle et changeant de statut nommé G.G.A.(gouvernorat du grand Alger) et qui a duré trois ans seulement pour se retransformer en une simple wilaya.

9-1-L'espace agricole se réduit considérablement

L'espace rural est réduit drastiquement particulièrement dans la wilaya capitaleoù il n'existe plus de commune totalement rurale, chose inexistante ailleurs dans le territoire national. Cette régression s'effectue proportionnellement à l'avancée de l'urbanisation qui crée Cette situation de compromis d'une ressource économique inestimable. Les dernières communes ont accueilli la première ville nouvelle de Sidi-Abdallah, sorte de techno ville.

L'occupation dans les espaces ruraux a été anarchique ce qui l'a rendu vulnérables face une urbanisation envahissante et vainqueur : Ainsi la wilaya capitale est totalement urbaine

9-2-Une première action d'aménagement agrandit le territoire de l'agglomération lors du dernier RGPH de 2008, nommée : unité urbaine

C'est l'augmentation du taux d'urbanisation qui a conduit l'ONS à élargir l'espace urbain de l'agglomération de 28 communes à 44 communes, en incluant notamment les communes suburbaines à forte taxe d'urbanisation.

9-3-Une deuxième action d'agrandissement territorial de l'agglomération est le facteurde la mixité fonctionnelle des espaces suburbains collés à elle

Aussi la mixité fonctionnelle des espaces urbains situés dans les limites proches de l'agglomération-centre a été un deuxième facteur d'agrandissement de son étendue (l'agglomération –centre).

9-4-Quatre villes nouvelles ont été programmées avant l'année 2000 dans la région algéroise

Deux villes seulement ont démarré :'une première est située à l'ouest de la wilaya d'Alger la ville nouvelle de Sidi-Abdallah et une deuxième dans la wilaya de Blida. Elles ne sont pas achevées. Les deux autres qui devraient stopper la suburbanisation-périurbanisation afin de fonctionner en véritables villes, contenant à la fois la résidence et des lieux de travail : se sont Naciria et El Affrounsituée à l'ouest d'Alger, dont le rôle primordial est de stopper les extensions de la suburbanisation-périurbanisation et réduire les mobilités alternantes ou quotidiennesvers Alger.

9-5-Seules les espaces suburbains situés dans la wilaya d'Alger sont intégrés dans le PDAU actuel : niveau un de l'espace métropolisé

Ces espaces inclus dans la wilaya d'Alger sont pris en compte dans ce périmètre et feront partie prenante dans l'ensemble des aménagements spécifiés. Cependant aucune loi n'a été promulguée pour élargir le périmètre administratif qui est la wilaya capitale. Il est probable qu'une solution sera procurée afin d'élaborer un projet de gouvernance à sa mesure

9-6- Les espaces suburbains situés dans les trois wilayat limitrophes seront intégrés dan le S.D.A.A.M. d'Alger : niveau deux de l'espace métropolisé (cadre fonctionnel métropolitain correspondant à la région algérois de configuration naturelle.

Dans les futures phases d'élaboration (diagnostic de la phase une du schéma directeur d'aménagement de l'aire métropolitaine) où les composantes des territoires de l'air métropolitaine dont ces espaces suburbains périphériques qui se situent dans les trois wilayat limitrophes d'Alger. Un des principaux objectifs de l'étude vise leur maitrise et leur organisation dans le périmètre qui se constitue par l'agglomération algéroise et ses zones périphériques (article 22 de la loi 01-20 du 12 décembre 2001).

9-7- Tout le territoire de fonctionnement que mobilise l'agglomération-centre : la région nord centre d'Algérie est prescrit en perspective

Ce territoire va privilégier l'espace fonctionnel métropolitain afin de développer des fonctions de base liées à la fois au développement économique et aux transports. Ce territoire continue de fonctionner avec des infrastructures existantes et en cours de réalisation afin de satisfaire le pouvoir attractif de la métropole algéroise. Cette région s'est taillée durant l'époque coloniale, non naturelle s'est forgée par la suite en zone fonctionnelle ancienne assise administrative.

10- LA CONFIGURATION DES PAYSAGES DES ESPACES SUBURBAINS-PERIURBAINS POSE PROBLEME DE CONFORMITE URBANISTIQUE

Les constructions sont souvent massives et contigües, à plusieurs étages, sans espace vert ou cours dont le rez-de-chaussée est exclusivement un espace d'activité souvent incompatible avec tous types d'aménités résidentielles classiques, encore moins un rapprochement de celles des cités jardins (Garden-City).

La structure de la voirie est souvent très étroite et inapte. Elle se compose de rues peu carrossables, quelquefois elle suivent les formes topographiques du site (absence de terrassement du site). L'étroitesse de certaines rues révèlent la forme d'un couloir où les habitants peuvent se toucher la main entre eux. Des trottoirs sont étroits et bien sûr démunis d'espaces de stationnement. Ainsi on utilise, comme dans la ville .centre, des bords des voies pour stationner. Non règlementées, beaucoup de voies ne sont pas bordées d'arbres.Certaines communes suburbaines laissent entrevoir une masse urbaine non structuréesdont certaines sont non règlementé ou constructions illicites.

CONCLUSION

Comme dans beaucoup de pays en voies de développement se trouvent dans des difficultés inextricables dans le domaine de l'aménagement de leurs grandes villes. Les mouvements de l'urbanisation rapide obligent des interventions performantes et aussi rapides. L'histoire urbaine d'Alger qui remonte loin dans le temps met à mal la coordination des actions de grande envergure dans un milieu urbain difficile, face à des contradictions d'ampleur énorme.

De nombreux problèmes difficiles à maitriser face d'une part à un retard accumulé, une démographie galopante et un environnement mondial contraignant qui exige et de gros moyens et des techniques performantes.

Il faut relever les vulnérabilités territoriales dont leur font souvent obstacles aux énormes efforts consacrés afin de relever nombreux défis de toute nature.

La suburbanisation –périurbanisation d'Alger présente des caractères identiques comme dans beaucoup de métropoles de par le monde. Ses différentes dynamiques sont aussi semblables ainsi que ses résultats aboutis. Cependant elles sont distinguées par certaines particularités dont certaines demeurent négatives mais beaucoup sont très positives.

BIBLIOGRAPHIE

Acher F.,(1997), Métapolis ou l'avenir des villes, Géocarrefour 72-2 p. 126 Paris.

Bertrand N. Marcel P., (1999) La périurbanisation ou eel'émergence de nouveaux territoires, EA , 2d AT N.°17,I R T E p.61-67 >nal-00462705.

Caneen(2012) INSEE(institut national de la statistique et des études économiques),Migrations résidentielles :60% des arrivants dans la métropole du Grand –Paris ont entré entre 15-29ans INSEE. Paris .

CERTU (2007), (centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisation et les constructions publiques, http// www. Certu.fr , Lyon(catalogue des publications, ISSN/1233-1233-2570 .

CNRTL,(2012), Centre National de Ressources Textuelles et lexicales, Ortélong , CNRS actif HN hum-num, msh files : //G : Suburbain-Définition html.

Jegar A., About (2005) C. de Chastenet et al. L'évaluation par indicateur, un outil nécessaire d'aménagement urbain durable, Réflexions à partir de la démarche parisienne pour la géographie et l'aménagement.

O.N.S (office national des statistiques) Les recensements généraux de la population et l'habitat, RGPH, 1966 et 1998., Alger.

Roncayolo M. (1991)***La Ville et ses territoires,*** Annales de géographie 558 p. 229, Paris.

Saidouni N., (2014), L'Algérois rural à la fin de l'époque ottomane(1791-1830, éd. El - bassair-Eldjadida. Alger.

DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DE LA TEMPERATURE ATMOSPHERIQUE DANS LA ZONE URBAINE DE ZAHLE (BEKAA MOYEN)

Zein Eddin. Rabih

Université libanaise, département de la géographie physique,

Résumé –La ville de Zahlé, du fait de son relief contrasté, est soumise au jeu des brises et inversions thermiques nocturnes. L'agglomération urbaine contribue à la modification des températures de l'air par le stockage de l'énergie, soit par la densité du bâti, ou par l'émission des gaz polluants. L'urbanisation et le topoclimat modifient la distribution spatio-temporelle de la température atmosphérique au sein de cet espace montagneux.

La présente étude, consiste à comprendre pourquoi et comment les topoclimats influencent la distribution spatio-temporelle de la température atmosphérique dans un milieu urbain montagneux (ville de Zahlé), en mesurant la température atmosphérique à 2m du sol dans des différents endroits de la ville à l'aide des capteurs spécifiques, et en utilisant des images satellitaires pour calculer la température atmosphérique de surface.

L'influence des topoclimats sur la température de l'air a été établie. Il en ressort essentiellement que le régime alterné des brises thermiques modifie dans un sens puis dans l'autre la température atmosphérique.Les brises setrouvent canalisées et guidées par la topographie.La nuit et le matin, la brisedemontagne rend la vallée plus fraiche. A l'inverse, pendant la journée, la brise de valléerend les sommets et les versants plus frais.

Les inversions thermiques s'installent la nuit, la température de l'air augmente avec l'altitude, elles perdurent jusqu'au matin, et parfois jusqu'à midi. Elles créent deux couches d'air superposées de températures différentes : au-dessous, une couche plus froide proche du sol, l'air y est froid et stable, et au-dessus, une couche plus chaude où l'air est instable. Les inversions thermiques empêchent les fumées de se diffuser dans l'atmosphère, elles stagnent et s'étalent horizontalement causant de fortes niveaux de pollution atmosphérique.

L'étude comparative de la température atmosphérique entre milieu urbain et périurbain montre que les surfaces bâties stockent plus de chaleur durant la journée et la restituent la nuit sous forme de rayonnement tellurique, ce qui rend les espaces urbanisés plus chauds pendant la nuit.

Mots-clés : Brises thermiques, inversions thermiques, agglomération urbaine, topoclimat, température atmosphérique.

Abstract :

The city of Zahle, because of its contrasting relief, is subject to the play of breezes and thermal inversions at night. Urban agglomeration contributes to the modification of air temperatures by the storage of energy, either by the density of the building, or by the emission of gaseous pollutants. Urbanization and topoclimates thus modify the spatio-temporal distribution of atmospheric temperature within this mountainous area.

The present study aims to understand why and how topoclimates influence the spatio-temporal distribution of atmospheric temperature in a mountainous urban environment (city of Zahle), by measuring the atmospheric temperature at 2m from the ground in different parts of the city using specific sensors, and using satellite images to calculate the surface atmospheric temperature.

The influence of topoclimates on the temperature of the air has been established. It essentially results that the alternating regime of thermal breezes modifies in one direction then in the other the atmospheric temperature. The breezes are channeled and guided by the topography. At night and in the morning, during the breeze upstream (mountain breeze), the cold air descends from the top of the mountain towards the valley, which makes it colder. Conversely, during the day, the downstream breeze regime (valley breeze) this time carries the cold air upstream, this makes the tops and slopes colder.

The thermal inversions settle at night, the temperature of the air increases with the altitude, they persist until the morning, and sometimes until noon. They create two superimposed air layers of different temperatures: below, a cooler layer close to the surface of the earth, the air is cold and stable, and above, a warmer layer where the air is unstable. Thermal inversions prevent fumes from diffusing into the atmosphere, they stagnate and spread horizontally in the cold lake of still air, and this causes high levels of air pollution.

The comparative study of the atmospheric temperature between urban and peri-urban areas shows that built-up areas store more heat during the day and return it at night in the form of telluric radiation, which makes the urbanized spaces warmer during the night.

Keywords: Thermal breezes, thermal inversions, urban agglomeration, topoclimate, atmospheric temperature.

Introduction :

L'aire urbaine de la ville de Zahlé se trouve dans la vallée de Berdawni, une vallée entourée par les collines du piémont de mont Sannine. En conséquence, la distribution de la température atmosphérique dans cette cette surface se trouve sous l'influence de deux paramètres : le relief et l'activité humaine.

En relief contrasté, les brises et inversions thermiques sont très fréquentes. Ces phénomènes météorologiques locaux sont donc fortement influencés par la topographie, c'est à dire par les caractéristiques du relief (altitude, pente, exposition…) et par les formes du terrain (cuvette, vallon…) (Michelot, 2014). Ils se définissent ainsi comme des topoclimats, concernent l'échelle locale et intéressent les basses couches de la troposphère en contact avec la surface terrestre.

La présence de bâtiments et de surfaces imperméables ainsi que l'activité humaine peuvent altérer les conditions météorologiques en milieu urbain (BERGERON, Onil, 2014). On remarque des différences de température entre le centre de la ville et la région environnante.

Dans ce travail nous allons étudier la distribution spatio-temporelle de la température de l'air au-dessus d'une agglomération montagneuse (Zahlé), en mettant en évidence les phénomènes météorologiques et l'activité humaine qui contrôlent cette distribution.

1. Zone d'étude :

Entourée par les collines du piedmont du mont Sannine, la ville Zahlé (fig.1) est une ville békaaienne localisée à l'Est du Liban, caractérisée par un climat typiquement méditerranéen, mais elle est aussi marquée par un climat montagnard.

Fig. 1 : Localisation de la zone d'étude.

Située au nord du caza de Zahlé (fig. 1), notre zone d'étude couvre une surface voisine de 25 km^2, elle est soumise à l'alternance des brises et des inversions thermiques lorsque les conditions météorologiques sont stables.

La vallée de Berdawni connaît un net contraste topographique entre l'amont, encaissée en milieu montagneux, et son aval ouvert sur une plaine agricole semi urbanisée, c'est la plaine de la békaa (fig. 2). La quasi-totalité de la ville de Zahlé s'est développée sur les deux rives du fleuve Berdawni. Elle est délimitée par la plaine de la békaa au sud-est, elle est entourée par les collines du massif de Sannine. La ville de Zahlé s'identifie comme un milieu physique ayant une topographie complexe et marquée (fig. 2).

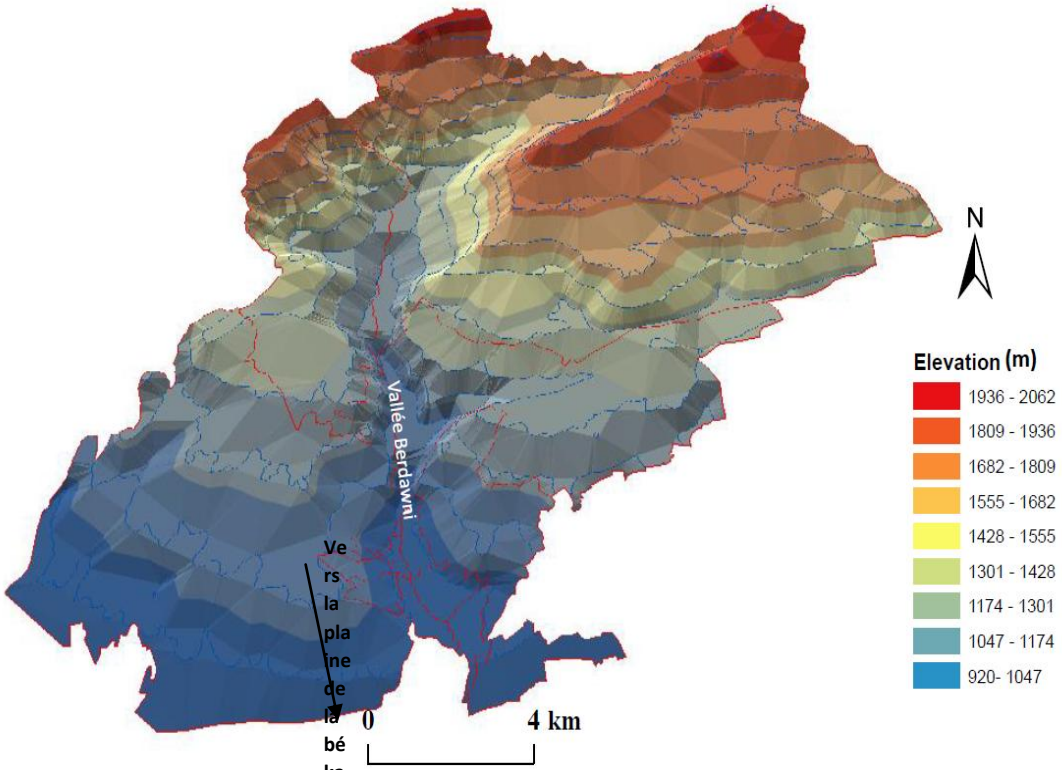


Fig. 2 : Diagramme topographique de la zone d'étude.

2. Méthodes et données :

La période étudiée correspond aux mois estivales (de 21 juin à 21 septembre) 2017. Période connue par des conditions atmosphériques stables idéales pour l'installation des brises thermiques(Blanchet. 1976). Les données des températures sont fournies par des enregistreurs portatifs de la température et de l'humidité relative (fig.3), les paramètres météorologiques sont fournis par la station météorologique de « Haouch Al Oumaraa ». Les données disponibles pour cette station de mesure sont : les vitesses et directions du vent, les valeurs de la pression atmosphérique. Ces données sont disponibles au pas de temps horaire. On a utilisé aussi des images satellitaires saisies à partir du satellite « landsat 7 etm+ », afin de calculer la température de la surface par le traitement de la bande thermique (bande 6) de ces images à l'aide du logiciel « Erdas ».

Fig.3 : Enregistreur voltcraft de la température et de l'humidité relative.

Pour qualifier si la journée est une journée de brises ou non, on a créé 5 filtres : Primo, la vitesse du vent ne doit pas excéder 11m/s (39km/h) (selon l'échelle de Beaufort). Secundo, une alternance de directions de « brise de la montagne/brise de la vallée » doit être observée. Tertio, les situations franchement dépressionnaires (≤1010 hPa) ont été écartées. Les deux autres filtres sont : la détermination de l'heure de la brise de la montagne, et l'heure de la brise de la vallée.

Les capteurs sont installés sous abri, à une hauteur de 2 mètres du sol en moyenne dans 4 stations différentes (fig.4):

- Une station urbaine implantée dans la vallée de Berdawni,
- Une station localisée dans une vallée périurbaine peu urbanisée,
- Une station située sur un versant adret,
- Une station située sur un versant ubac.

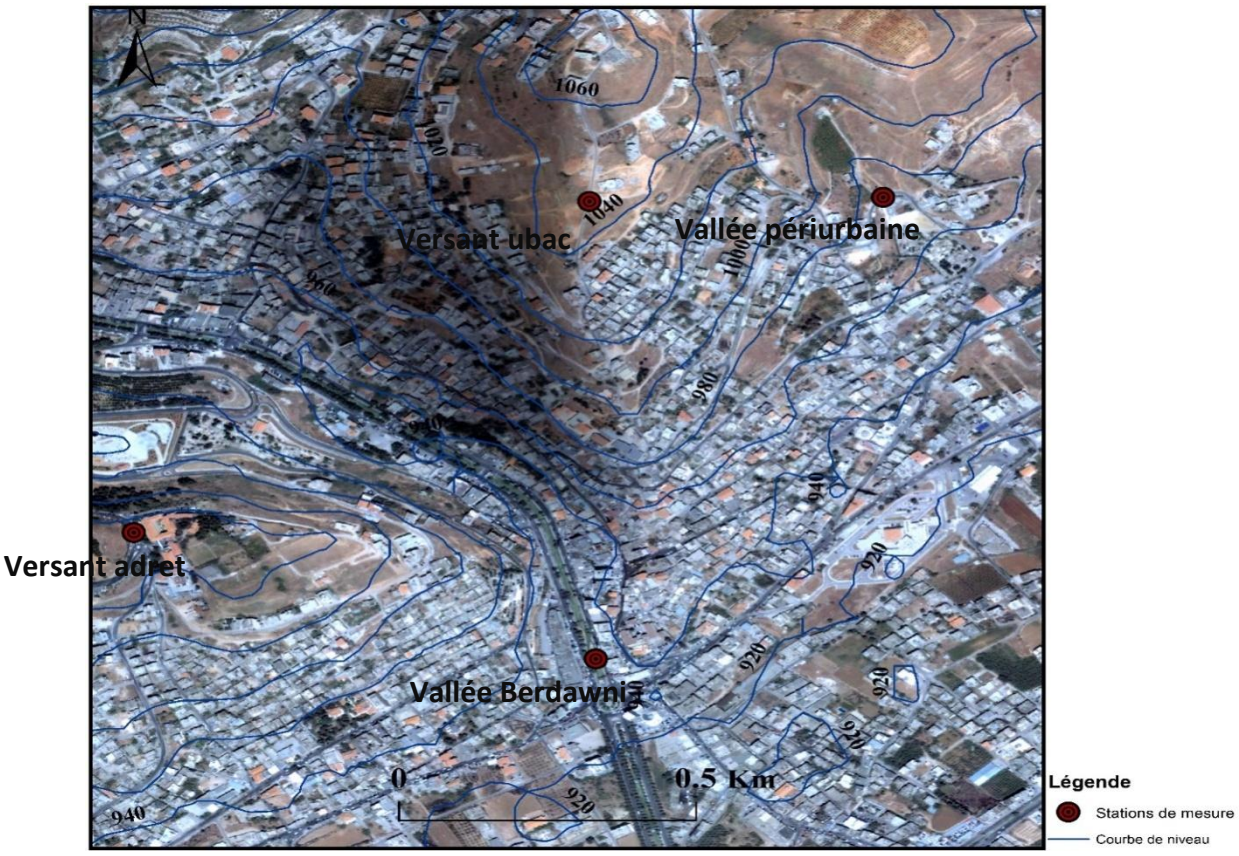


Fig. 4 : Distribution spatiale des stations de mesure.

3. Résultats

3.1 Brises montagne-vallée :

L'été 2017 s'est caractérisé dans sa quasi-totalité par des situations de stabilités déterminant des types de temps radiatifs : calmes à ciel dégagé ; ce qui a favorisé l'installation des brises orographiques. Durant la période d'étude qui s'étend de 21 juin à 21 septembre de l'année 2017, on a compté 25 journées de brises orographiques. A Zahlé, la brise de la montagne intéresse un secteur allant du N (0°) à l'ESE (120° environ) : la rose des fréquences totales absolues (1838 observations) des directions du vent (fig.5) montre la domination des directions N et ESE. L'éventail des directions de labrise de la vallée est plus large, cette brise intéresse les directions allant du Sud (180°) au NNW (340°). Ces flux sont canalisés par la topographie.

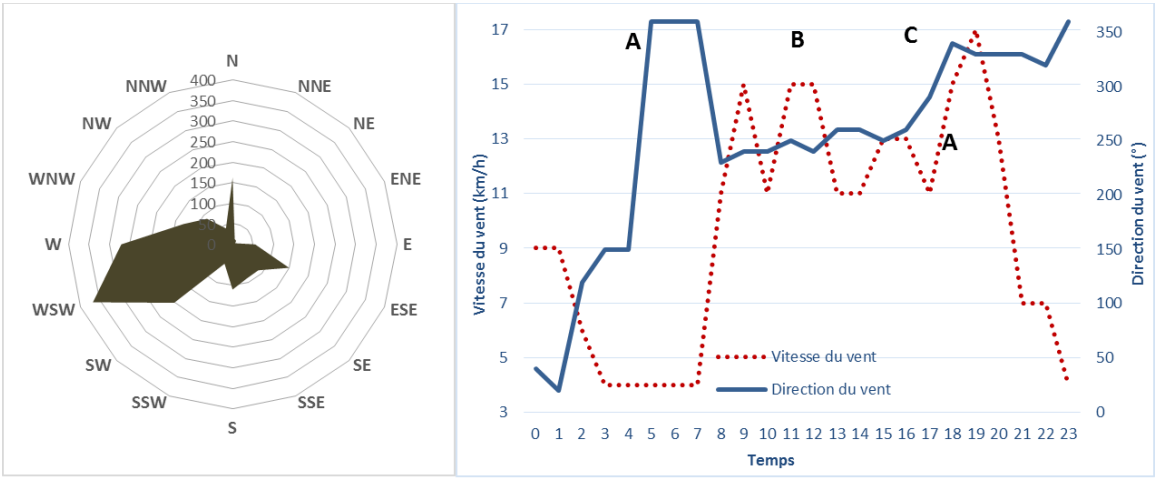


Fig. 5 : Gauche: Fréquences totales absolues des directions du vent à la station de Haouch EL Oumaraa (Zahlé) durant l'été de l'année 2017. Droite : Vitesses et directions horaires moyennes des brises orographiques durant l'été 2017.

La brise de la vallée commence à 8:00 (H.L), elle perdure jusqu'à 18:00 (H.L.) ; vers 18:00 (H.L.) commence la renverse nocturne. (Figure 5).

Les brises orographiques influent sur la distribution spatio-temporelle des températures : Le jour, les versants exposés au soleil s'échauffent plus vite que la vallée. L'air plus léger des pentes s'élève et est remplacé par l'air plus froid de la vallée, c'est la brise de la vallée. Inversement, la nuit par ciel clair, les versants se refroidissent rapidement et l'air tend à s'écouler vers les vallées plus chaudes. C'est la brise de la montagne. (Fig.6).

La brise de la montagne s'installe vers 3:00 (H.L) et perdure vers 9:00 (H.L) où la brise de la vallée commence à s'installer et la direction du vent commence à changer de l'ouest vers l'est. Durant la période de la brise de la montagne, l'air froid tend à s'écouler vers la vallée, on remarque une baisse rapide de la température de la vallée qui atteint le minimum à 7:00 (H.L) (18°C), à l'inverse des versants qui sont plus chauds.

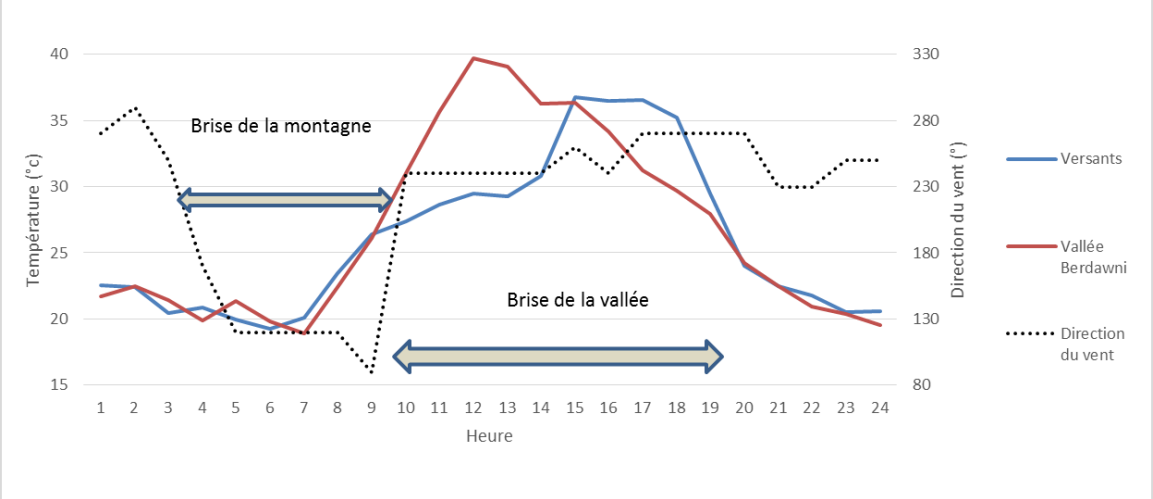


Fig.6: Distribution spatio-temporelle de la température sur les versants et dans la vallée Berdawni en relation avec la direction du vent pendant une journée de brises orographiques.

La brise de la vallée s'installe vers 9:00 (H.L), elle est accompagnée par une élévation plus rapide de la température de la vallée qui atteint 40 °C à midi. Cette hausse rapide de la température est accompagnée par une hausse moins rapide de la température sur les versants due à l'ascendance de l'air plus froid.La brise de la vallée perdure jusqu'à 19:00 où la direction du vent commence à changer vers l'est, et la brise de la montagne se prépare à s'installer.

3.2 Inversions thermiques :

Notre zone d'étude en fait de son relief contrasté, est soumise au jeu des inversions thermiques nocturnes. Ces inversions sont fréquentes. Elles sont caractérisées par deux couches de l'air : l'air stable et plus froid, situé en aval, et l'air plus chaud et instable située en amont(Escourrou G., 1986). (Fig. 7 A).

Les inversions thermiques modifient la règle générale qui admet que la température s'abaisse avec l'altitude, elles provoquent l'augmentation de la température avec l'altitude. (Beltrando et Chémery, 1995).

Pendant la nuit, le sol perd de son énergie par rayonnement infrarouge et l'air sus-jacent se refroidit par conduction. Autrement dit, le refroidissement gagne progressivement la couche d'air près du sol. Il s'agit

du mécanisme d'inversion thermique de rayonnement (Michelot, 2014). La température de l'air augmentant donc avec l'altitude. Ceci est renforcé par la topographie de notre zone d'étude : pendant la nuit, l'air se refroidit, il descend des versants vers les vallées. Donc ces vallées seront plus froides que les versants. On observe que les deux versants étudiés (adret et ubac) sont plus chauds que les vallées pendant toute la nuit, ceci perdure vers 9 :00 où le réchauffement sera plus intense, et les vallées commencent à s'échauffer d'une façon plus rapide.

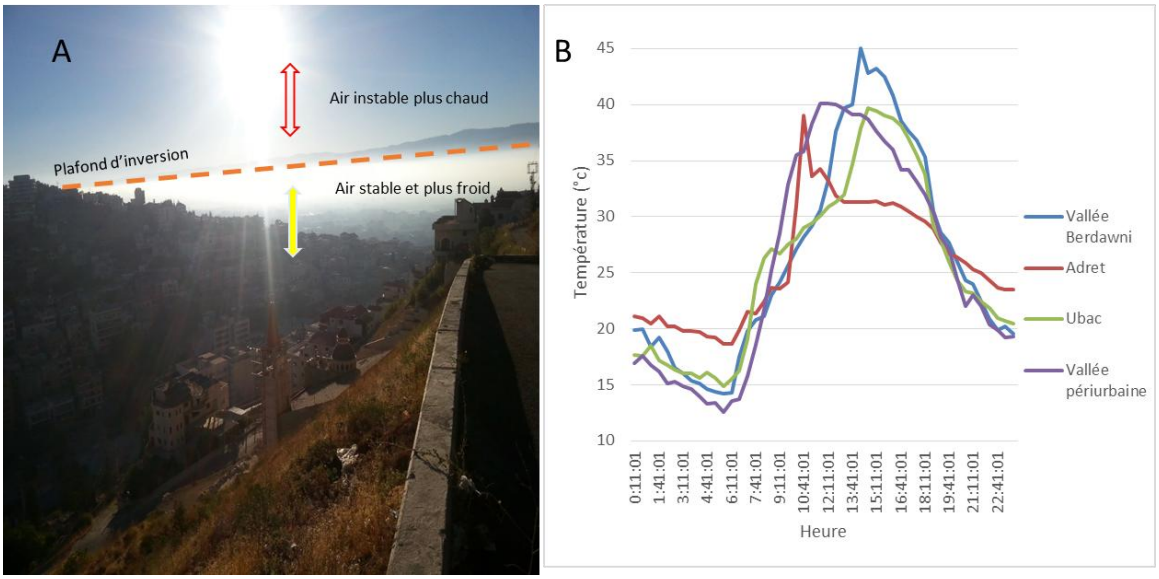


Fig.7. A : Inversion thermique par rayonnement à Zahlé et dans la plaine de la Békaa. Vue vers l'est le 19/8/2017 à 7:00. B : Distribution spatio-temporelle de la température le 19/8/2017 (cas d'inversion thermique)

Après 8:00 (H.L), l'effet de la brise de la vallée commence, ceci rend les versants plus froids que les vallées. La brise de la vallée s'arrête à 20:00 (H.L), les versants redeviennent plus chauds pendant la nuit. (Fig.7 B).

Le traitement de la bande 6 (bande thermique) de l'image satellitaire saisie par « Landsat 7 ETM + » pendant ce jour d'inversion thermique montre que la vallée Berdawni est plus froide que les versants avoisinants, avec un écart thermique pouvant atteindre 10 °C. (fig.8).

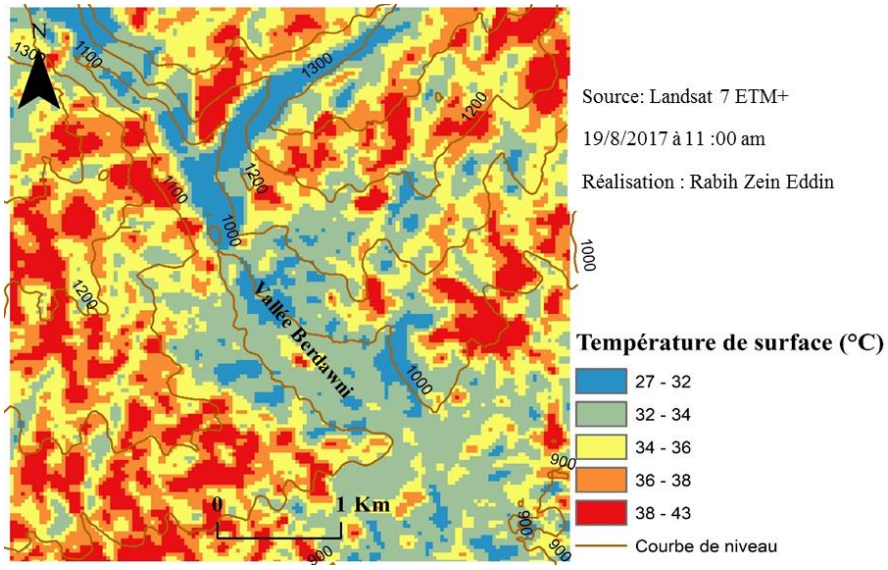


Fig.8 : Distribution spatiale de la température de la surface à Zahlé le 19/8/2017 à 11 :00.

3.3 Répartition spatiale des températures entre l'agglomération urbaine et la zone périurbaine :

Pour cerner l'impact d'un espace vert étendu sur la température de l'air, on a étudié les températures de l'air en milieu urbain et périurbain. Le milieu urbain représente la ville de Zahlé située dans la vallée de Berdawni, et le milieu périurbain représente une vallée périurbaine située à l'Est de la ville. Il est clair que les deux terrains étudiés possèdent des caractéristiques géomorphologiques semblables. Les deux vallées (urbaine et périurbaine) étudiées possèdent la même orientation (du nord-ouest vers le sud-est) et elles sont situées à des altitudes presque identiques (l'une à 940m, et l'autre à 950m). Elles possèdent une forme et une profondeur presque identiques. Donc le seul facteur qui varie entre ces deux terrains est la densité urbaine.

D'après les deux campagnes de mesures réalisées dans ces deux milieux différents (urbain et périurbain), nous remarquons que le milieu urbain est le plus chaud pendant la plupart des nuits de la période estivale étudiée (de 21 Juin à 21 septembre 2017) (Fig.9), ceci est expliqué par l'effet de stockage de la chaleur par les surfaces bâties pendant la journée, et sa restitution pendant la nuit. (Oke 1987).

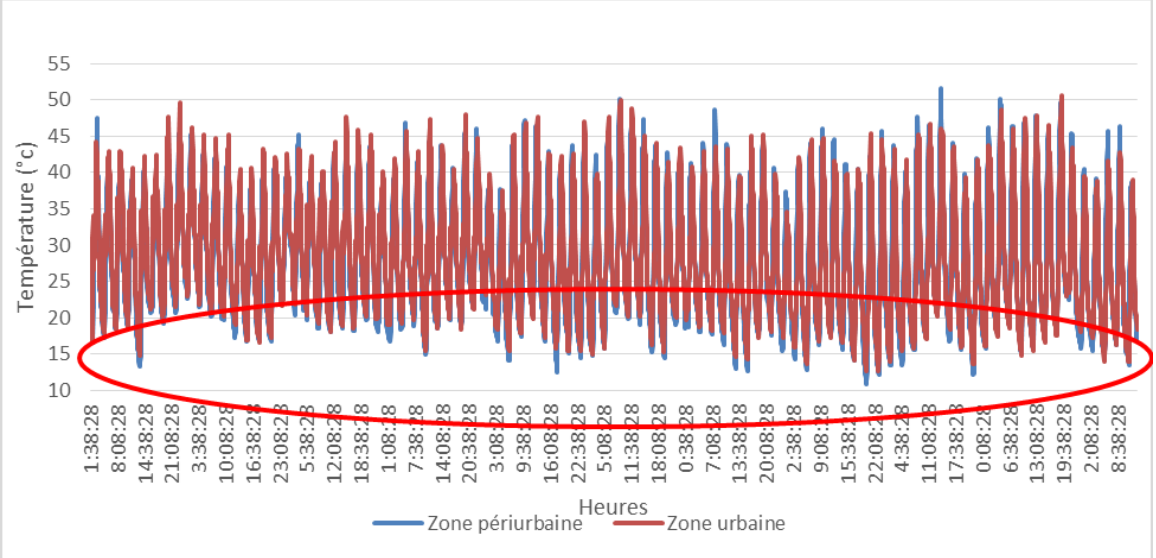


Fig.9 : Répartition spatio-temporelle des températures de l'air entre milieu urbain et milieu périurbain.

Pour connaître l'écart thermique entre ces deux milieux, on a étudié la variation temporelle de la température de l'air pendant toutes les nuits de la période estivale. Les températures moyennes nocturnes (de 00:11 h à 6:11 h) sont représentées dans la figure 10.

Un écart thermique variant entre 0.2 et 2.7 °C est enregistré à 2m du sol entre ces deux types de substrat.

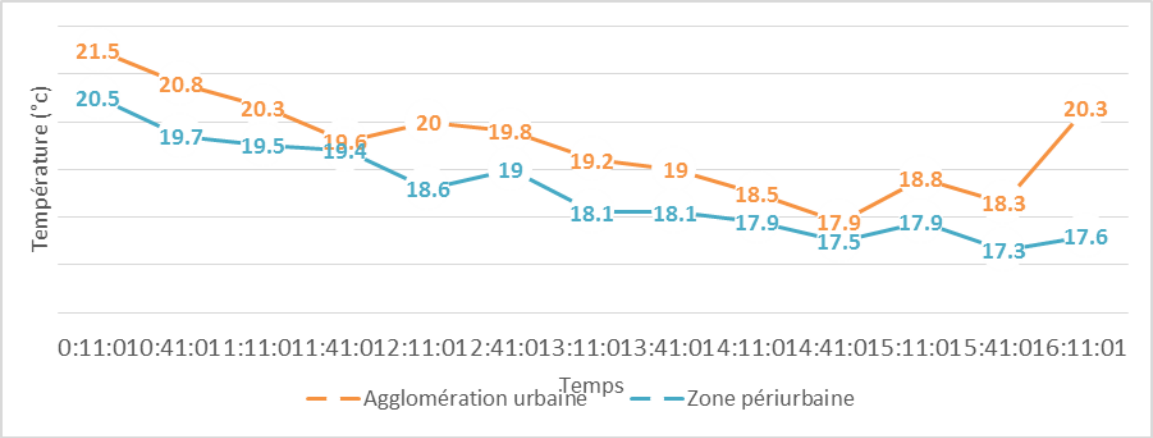


Fig.10 : Températures moyennes nocturnes de l'air entre 21 Juin et 21 Septembre de l'année 2017.

Conclusion :

Les résultats de notre étude ont montré le rôle important de la topographie, de l'occupation du sol et de l'alternance des brises sur la distribution de la température. Les brises orographiques fréquentes pendant la période d'étude (25 journées de brises), modifient la distribution spatio-temporelle de la température entre vallée et montagne et pendant le jour et la nuit. Les inversions thermiques modifient la diminution de la température avec l'altitude, elles provoquent une augmentation de la température avec l'altitude, et empêchent la diffusion des polluants dans l'atmosphère, ceci peut causer de fortes niveaux de pollution atmosphérique en surface. Enfin, les surfaces bâties stockent plus de chaleur durant la journée et la restituent la nuit sous forme de rayonnement tellurique ce qui rend le climat de la ville plus chaud que la zone périurbaine avoisinante, avec un écart thermique pouvant atteindre 2.7°C entre ces deux milieux.

Bibliographie :

Beltrando G., Chémery L., 1995. *Dictionnaire du climat*. Larousse, 344 p.

Bergeron O., 2014. *Caractérisation de la variabilité spatiale et temporelle de la température de l'air ambiant sur un territoire urbain : Étude du cas de la ville de Québec,* Québec, ministère duDéveloppement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-69909-5 (PDF), 38 p.

Blanchet G. (1976) – *Le temps au Liban, approche d'une climatologie synoptique.* Thèse de 3e cycle, Lyon. Tome 1 : 477 p. (texte et tableau). Tome 2 : (Atlas).

Dahech S., Beltrando G. et Sylvain B., 2005. Utilisation des données NOAA-AVHRR dans l'étude de la brisethermique et de l'Ilot de chaleur. Exemple de Sfax (se tunisien). *Cybergeo: European Journal of Geography*.DOI : 10.4000/cybergeo.3132

ESCOURROU G., 1986.*Les brises de campagne : un aspect essentiel du climat urbain.*Intern. Symposium on Urban and Local Climatology, Freiburg (R.F.A.).

Lhotellier R, 2005. *Spatialisation des températures en zone de montagne alpine.* Géographie. Université Joseph-Fourier - Grenoble I. Français.

Michelot N. (2014)– *L'inuence des topoclimats sur la pollution de l'air aux particules dans le sud-ouest des Alpes-Maritimes*. Géographie. Université Nice Sophia Antipolis. Français.

Oke T. R., 1987. *Boundary layer climates*. Methuen (second edition), 435 p.

Utilisation des données satellitaires dans l'étude de l'ilot de chaleur pour la région de Beyrouth.

Samar C. Sakr.

Résumé - L'îlot de chaleur urbain dépend des facteurs agissant sur la température de surface, comme par exemple la saison, les conditions météorologiques, le rapport entre les surfaces minérales et les espaces verts, la morphologie urbaine et les conditions géographiques locales. Le climat local de la ville de Beyrouth semble influencé par l'extension des espaces bâtis et la pollution atmosphérique croissante que connaît la zone d'étude. Le centre-ville et les quartiers densément peuplés qui l'entourent connaissent un réchauffement additionnel relatif par rapport à la campagne avoisinante située sur les hauteurs. Ce différentiel thermique entre le centre-ville et l'espace rural est étudié à partir de l'analyse d'une image MODIS. L'imagerie permet de spatialiser les contrastes thermiques ville-campagne et d'identifier la morphologie du phénomène thermographique étudié. Les résultats obtenus par le traitement des images satellitaires confirment les mesures *in situ* de la température en milieu urbain.

Mots clés : ilot de chaleur urbain, image satellitaire, Beyrouth.

Introduction

L'îlot de chaleur urbain correspond à l'augmentation de la température dans la partie densément peuplée de l'agglomération par rapport à sa périphérie. Il résulte de l'hyper-concentration des hommes et de leurs activités dans les villes où dominent les surfaces artificialisées (rues, parkings, bâtiments…). Par contre, dans les campagnes avoisinantes règnent des surfaces plus végétalisées.Nombreuse sont les études qui ont porté sur l'étude de l'ilot de chaleur urbain et qui ont prouvé que la ville est souvent plus chaude que la campagne voisine, notamment la nuit, citons les travaux de Cantat (2004), Carrega (1994), Charabi (2001), Dahech (2005).

La zone d'étude choisie est la région de Beyrouth, englobant le centre-ville, les communes périphériques et la ceinture périurbaine. La région de Beyrouth correspond à une plainecôtièreétroitefortement urbanisée (environ 1.5 million d'habitants), avec une topographie

très complexe englobant vers l'Ouest 2 régions qui culminent à 100 mètres d'altitude en moyenne (Hamra et Achrafiyyé) et adossée vers l'Est à la grande chaine montagneuse qui longe toute la cote libanaise le Mont-Liban (figure 1) avec des hauteurs de 2300 mètres d'altitude.

Les situations radiatives favorisent l'accentuation des écarts thermiques entre les différentes surfaces, en particulier entre le centre-ville et la campagne environnante. Ce différentiel favorise la création d'un îlot de chaleur urbain. Ce phénomène est responsable de l'apparition d'un climat local chaud en été. Notre présent travail nous aide à mieux comprendre l'ilot de chaleur urbain dans notre région d'étude, à l'aide de la télédétection et de notre propre campagne de mesure qui est un complément intéressant pour l'étude des caractéristiques thermiques de l'ICU.

Données et méthodes :

Le milieu physique peut avoir une influence très importante sur la distribution de la température dans la zone d'étude. Pour définir la topographie et l'occupation du sol nous avons eu recours à des prises de vue aérienne pour la topographie et une image Landsat Thematic Mapper pour l'occupation du sol (images fournies et traitées au sein de MAPS Beyrouth). L'étude de ces données nous a permis de mieux comprendre les relations entre le milieu, et la distribution de la température, aux échelles fines.

L'image utilisée dans le projet est une image Landsat Thematic Mapper (TM)qui a été orthorectifiée à partir de points de contrôles et du MNT, avec une taille de pixel de 28 m au sol,de manière que l'élévation de chaque pixel est interpolée suivant un TIN (réseau triangulé irrégulier). À l'aide du logiciel de traitement d'images ERDAS IMAGINE Professional®(MAPS), l'image Landsat a été classée pour obtenir la carte d'occupation du sol en utilisant la méthode de classification supervisée. Toutes les bandes visibles et infrarouges ont été corrigées géométriquement et ont été utilisées pour classifier les différentes classes de l'occupation du sol, telles que les sites agricoles, les couvertures végétales, les forêts, les zones humides, les zones urbaines, les zones dénudées.

À l'aide de logiciel spécifique « Softplotter », le MNT est généré automatiquementà partir de prises de vue aérienne faites durant l'année 2005, par le biais d'algorithme d'auto-

corrélation.Chacun de ces points constitue une moyenne pondérée en surface d'un groupement de points. Ce traitement crée alors une grille de points d'intervalle régulier pour la zone d'étude.

Par la suite, le MNT généré automatiquement est stéréoscopiquement examiné en combinant la représentation des points et les images stéréoscopiques couvrant la zone. Dans les régions accidentées ainsi que sur les bords de rivières et les crêtes des collines, les lignes rigides et les points altimétriques sont relevés stéréoscopiquement. Un semi de points côtés bien réparti est alors généré et annoté automatiquement par le même logiciel.

La mise en place d'une campagne de mesures itinérantes à l'échelle microlocale menée le 10 juillet 2015 a permis en premier lieu, d'avoir une zone d'étude avec un plus grand nombre de points de mesures pour mettre en évidence la distribution de la température dans la région, durant la période diurne et nocturne. Cette journée est caractérisée par une situation stable avec un vent faible 4m/s en moyenne. 45 points de mesures en surface à 2 mètres du sol à l'aide de 6 capteurs Voltcraft DL-120 est un enregistreur de données de mesure de température et d'humidité. Son Intervalle d'enregistrement est de 2 s à 24 h réglable. Les mesures ont été prises à l'aide de 6 équipes entre le littoral et les hauteurs situées à l'Est de la ville au pied du Mont-Liban. Le jour les mesures sont effectuées entre 9h00 et 10h45 (T.L) et entre 00h30 et 2h00 durant la phase nocturne (11 juillet 2015).6 GPS sont utilisés pour sélectionner les mêmes points de mesures entre nuit et jour. Ces points ont été choisis de manière à faire une comparaison de la température dans un tissu urbain très dense et les zones ayant une topographie complexe. Des mesures itinérantessont menées à l'aide d'un anémomètre girouette enregistrable pour détecter les brises thermiques. 8 points de mesures prises à des altitudes différentes ont permis à faire des cartes de vents nocturne et diurne. Les mesures diurnes sont prises à 11h00 et les mesures nocturnes à partir de 1h00 (11 juillet 2015).

Une imagerie MODIS de résolution 1 km prise le 29 aout 2015 regroupant des bandes de température nocturne et diurne est sélectionnée. Cette journée sélectionnée est caractérisée par une situation stable avec un ciel clair temps favorable à l'apparition de l'ICU (Gallo et *al*., 1996). Pour calculer la température de la région la formule utilisée est [value]*0.02-273.15.Lesrésultats

des températures obtenus issus des images satellitaires sont corrélés avec ceux obtenus par des mesures itinérantes avec des conditions synoptiques semblables.

Résultats et discussions

1. le relief et l'occupation du sol :

Beyrouth ville côtière méditerranéenne, adossée au relief Mont Liban (figure1, A)caractérisés par des sommets de 2300 mètres d'altitude en moyenne ainsi que des plateaux inclinés et taillés par des vallées à pentes raides qui dominent la ville, les effets d'exposition différentielle dans le relief et l'orientation des pentes (figure1, B) constituent une grande part des caractéristiques du climat local de jour comme de nuit au niveau de la température et des brises thermiques. Les vallées canalisent les brises gravitaires par temps radiatif. Trois vallées découpent la région d'étude : la vallée de Nahr Beyrouth, Nahr el Mawt et celle de Nahr Antelias.

Les effets d'exposition des versants élevés et bien orientés favorisent des gradients thermiques importants (figure 2), occasionnant la mise en place des brises thermiques de compensation le long des vallées. Il est bien connu que les versants tournés vers le Nord sont à l'ombre alors que ceux tournés vers le Sud sont bien exposés au soleil et par contre connaissent des températures plus élevées.

L'heure de l'arrivée de la brise de mer sur le continent dépend des saisons (heure de lever du soleil) et de la distance à la mer. La brise de mer se lève environ deux heures ou trois heures après le lever du soleil près de la ligne de rivage, quand le contraste thermique terre/mer, vallée/montagne devient suffisant. L'arrivée de la brise de mer est marquée par une impulsion de la vitesse du vent et une déviation brusque de sa direction. En été, dans les stations côtières de Beyrouth, situées au bord de la mer, la brise de mer, plus précoce, apparaît entre 8h et 10h (heure locale) (Sakr, 2017).

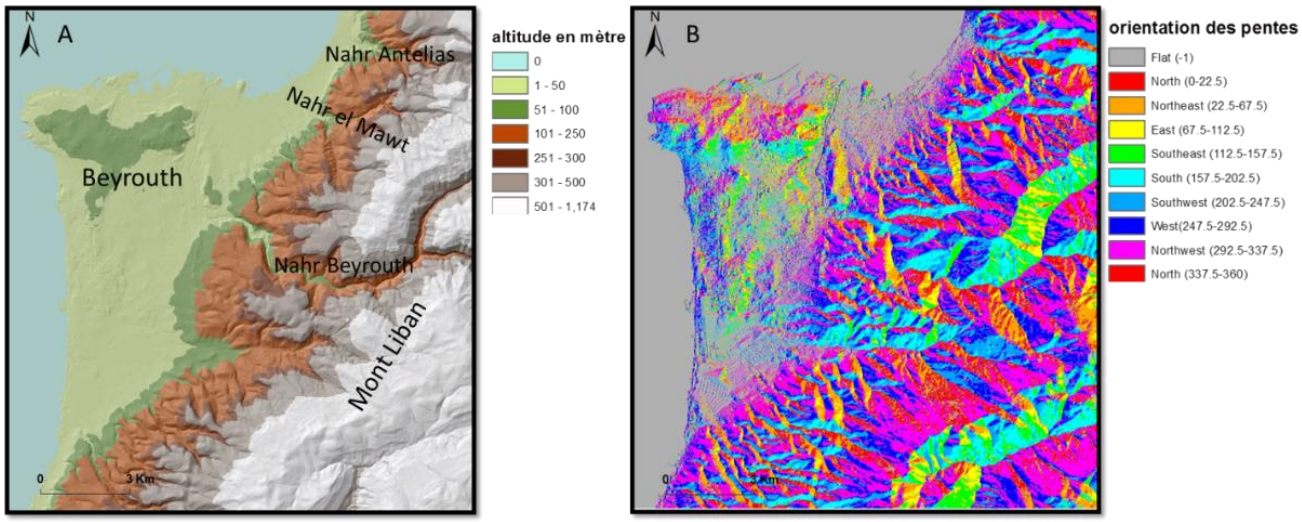


Figure 1 : (A) topographie de la région, (B) orientation des pentes.

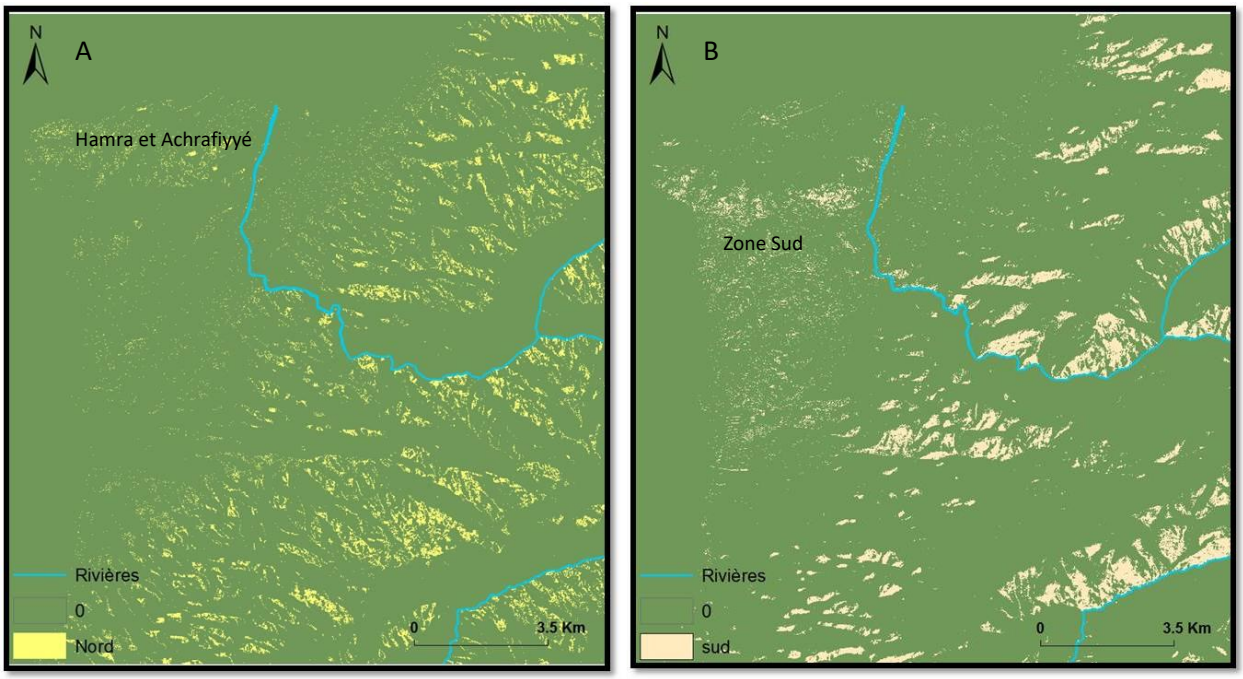


Figure 2 : orientations des pentes (A) tournées vers le Nord. (B) tournées vers le Sud.

Le jour de 10 juillet 2015 la brise apparait en premier lieu vers 8h30 aux stations côtières les données sont fournies par la station météorologique de l'aéroport de Beyrouth et celle de l'AUB. A 11h00 une campagne de mesure itinérante est menée à l'aide d'un anémomètre girouette enregistrable pour mesurer la direction et la vitesse du vent dans la ville et sa progression vers les

hauteurs (Maten express, Baabdat, Deir el Qualaa et Dahr el Wahch) (figure 3). Une interpolation des 10 points de mesures nous a fourni une carte des vents montrant sa propagation et sa vitesse. La brise de mer enregistre des vitesses élevées sur les côtes et les hauteurs allant de 6 à 4.5 m/s, alors qu'elle est plus faible en progressant la ville et les premières collines.

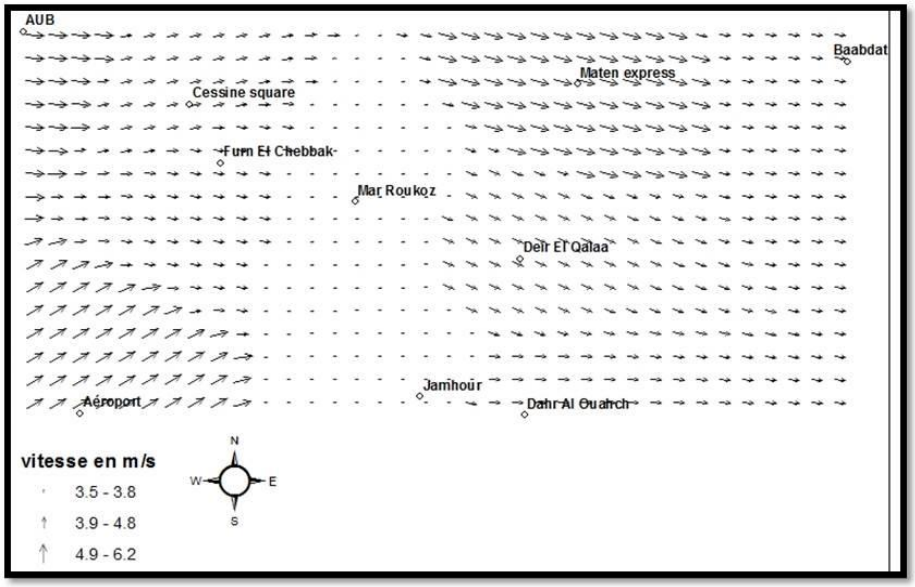


Figure 3 : mesures itinérantes de la vitesse et la direction de la brise de mer et interpolation des résultats sur la région d'étude.

La visualisation de l'occupation du sol de la région montre un tissu urbain très dense et continu en rougefoncé qui s'étale sur la plaine étroite en bordure de la mer (figure 2), vers les hauteurs situés à l'ouest de la ville au pied du Mont Liban on remarque un tissu urbain continu moins dense en rouge vif ainsi que des villages vers des altitudes plus élevées et des couvertures végétales dans les vallées et sur les collines. Ainsi les différences entre les structures et les matériauxprésents à la surface ayant un albédodifférent influent directement l'absorption de l'énergie solaire suivant la nature du sol. Les mesures itinérantes menées le 10 juillet 2015 à 2 mètres du sol entre 9h00 et 10h45 heure locale montre une hétérogénéité dans la distribution de la température. On remarque un écart de 2°C à 4°C entre les points mesurés sur les côtes et ceux prises au cœur du tissu urbain très dense. Ce grand écart entre la cote et la ville est dû à l'apparition de la brise de mer vers 8h30 à la station météorologique de l'aéroport de Beyrouth et

celle de l'AUB qui joue un rôle de régulateur thermique. L'arrivée de la brise de mer sur le continent provoque une baisse de la température de l'air (ou retarde le pic maximal quotidien) ce qui, sous les climats chauds, a un effet bénéfique pour les individus(Sakr, 2017).

Hamra et Achrafiyyé culminant à 90 mètres sont sous l'influence de la brise de mer et orientés au Nord à l'ombre contrairement à la zone sud qui est bien chauffée d'où l'écart de la température (figure 5, B). A l'Est les températures mesurées sont élevées par rapport à la cote, deux facteurs sont mis en évidence : l'occupation du sol tissu urbain moins dense et partie bien ensoleillée, en région méditerranéenne, le comportement thermique des campagnes souvent pierreuses, et arides l'été, n'est pas éloigné de celui de la ville. Cette dernière se réchauffe plus lentement le matin avec l'ombre des bâtiments. En figure 4, on distingue un déficit de température à Beyrouth (Achrafiyyé/Hamra) dépassant en moyenne 3°C à 4°C à 9h15.

L'ICU considéré ensurface, est peu visible, durant le jour : la campagne environnante est par endroits nettement plus chaude en surface, que la ville.

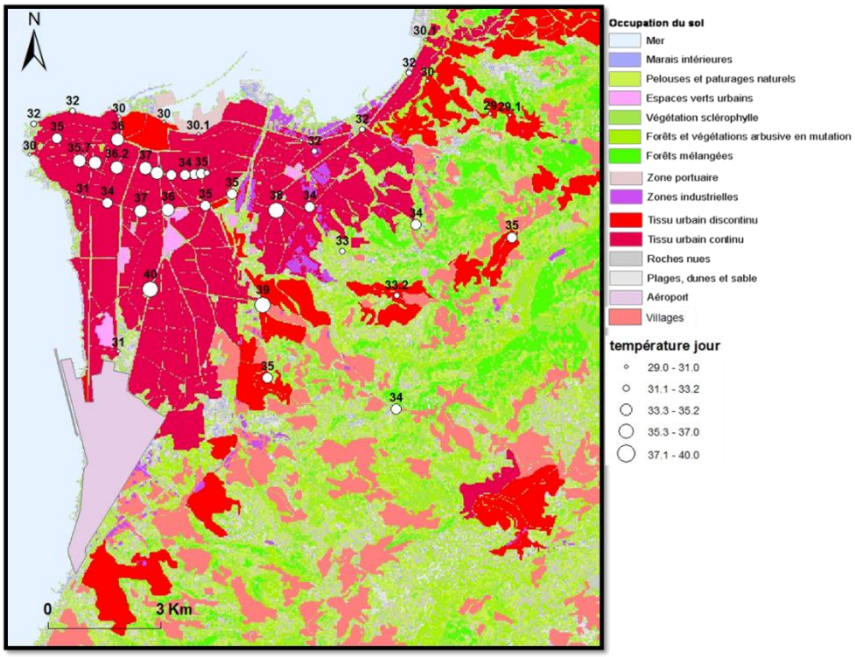


Figure 4 : distribution de la température issue de la campagne de mesure itinérante le 10/7/2015.

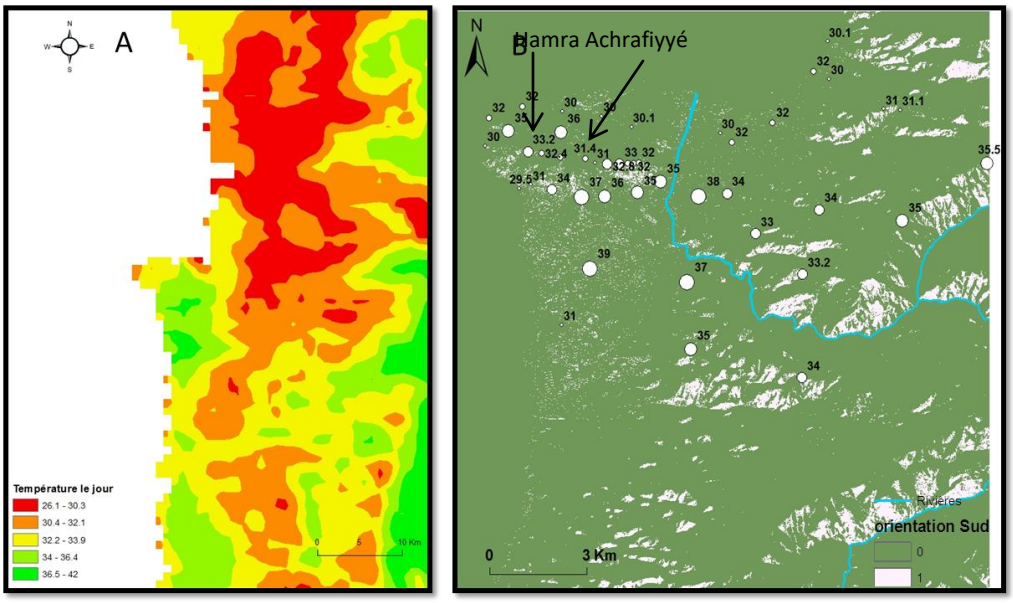


Figure 5 : (A) température du jour issue de MODIS le 29 aout 2015, (B) campagne de mesure itinérantemenée le 10 juillet 2015.

Les variations spatiales des températures de surface mesurées par satellite (figure 5 A), par temps clair en phase diurne, ne sont pas très éloignées de celles des températures de l'air (à 2 m au-dessus de la surface) mesurée le 10 juillet 2015.Les différences entre les structures et les matériaux présents à la « surface » occasionnent des différences dans l'albédo (fraction du rayonnement incident visible reflété), donc dans l'absorption éventuelle de l'énergie solaire.

La chaleur spécifique des matériaux est là encore différente selon que les matériaux soient naturels ou artificiels. Enfin, la présence/ absence d'eau évaporable (végétation, plan d'eau) contribue à une restitution de l'énergie absorbée sous forme de flux de chaleur latente (évaporation accompagnée d'une baisse des températures) ou de flux de chaleur sensible (échauffement perceptible de la surface pour dissiper l'énergie absorbée).

2. Champ thermique nocturne :

L'image MODIS du 29 aout 2015 montre un champ thermique de surface hétérogène. Les températures de surface varient de 8 à 28°C (figure 6). Les plus élevées sont enregistrées au niveau de la ville regroupant un tissu urbain continu et très dense se développant sur une zone

côtière assez étroite. Les surfaces les plus fraîches s'étalant vers l'Est correspondent aux hauteurs de la grande chaine montagneuse du Mont Liban s'élevant à des altitudes de 2000 mètres environ se projetant vers la région d'étude. Ces hauteurs englobent des forêts, des surfaces vertes et des villages. L'ilot de chaleur urbain de la ville parait continu et homogène.L'écart entre la ville et les hauteurs s'explique vraisemblablement par le tissus très serrés et très peu végétalisés de la ville tandis que la périphérie de l'agglomération, la température diminue avec l'altitude formant des zones fraîche individualiséeset homogènes. L'écart thermique ville-campagne de surface s'explique essentiellement par la hausse des flux de chaleur sensible par rapport aux flux de chaleur latente et par la rareté des surfaces évaporantes dans les quartiers denses. Conséquemment, le substrat urbain restitue une quantité de chaleur sensible plus élevée la nuit (Oke, 1973).

Afin de parvenir à une meilleure connaissance du champ thermique urbain, une campagne de mesure itinérante a été organisée pendant la nuit de 10 août 2015 à 00 h par type de temps radiatif. L'examen des mesures itinérantes nocturnes à 2 m au-dessus du sol (46 points de mesure : figure 7) montre des variations des valeurs de température à Beyrouth et ses environs la nuit et l'existence d'un îlot de chaleur sur les zones densément urbanisées. L'écart maximal par rapport à la campagne environnante atteint 6°C.

Une individualisation nette de la masse urbaine est observée par rapport aux espaces ruraux, mais plus difficilement une opposition de quartiers. A l'échelle de la zone agglomérée, les écarts restent inférieurs à 2°C. En effet, les espaces végétalisés ou ouvertes et régulièrement arrosés constituent des îlots de fraicheur en baissant la température d'environ 1.5°C, comme c'est le cas du point de mesure prêt des espaces verts urbains où nous avons enregistré 26°C et 25°C contre 28°C situé dans un tissu urbain dense. Vers l'Ouest, la mer parait aussi comme un facteur de discrimination thermique en agissant par sa forte inertie thermique. C'est pour cette raison que la température augmente de 27 à 28°C au niveau de la cote.

Vers l'Est, la baisse de la température s'effectue d'une manière progressive,la topographie caractérisée par des collines et des vallées encaissées, est très favorable à l'installation des inversions thermiques par refroidissement radiatif et l'écoulement d'air froid (brise de vallée) en provenance des monts de Mont Liban (figure 8).Une campagne de mesures itinérantes a été

menée entre 1h et 2h30 du matin (11 juillet 2015) à l'aide d'un anémomètre girouette enregistrable. Le ciel était clair la nuit de 10/11 juillet 2015 afin que les différences de températures soient exacerbées et le vent synoptique était suffisamment faible pour laisser s'exprimer les brises et ne pas gommer leurs effets (des hautes pressions subtropicales dynamiques régnaient au niveau de 500 hpa favorisant un temps très stable). Les mesures ont couvert les régions situées à des altitudes élevées et dans la ville. Des brises de pentes de direction Sud-Est et Sud-Sud-Est ont été enregistrées vers les hauteurs de Baabdat (800 m), à Maten Express on a détecté une brise canalisée dans la vallée ayant une vitesse considérable de 4.5 m/s (500 m), Deir el Qalaa (400 m), Mar Roukoz (150 m) et des brises de terre enregistrées dans la ville avec une vitesse inferieure à 3m/s arrivant sur la cote. Les brises de pentes qui sont dues au refroidissement des sommets et des versants, de petites saccades liées à l'irrégularité topographique des lieux descendent les pentes (brises catabatiques) et causent une sensation de fraicheur.

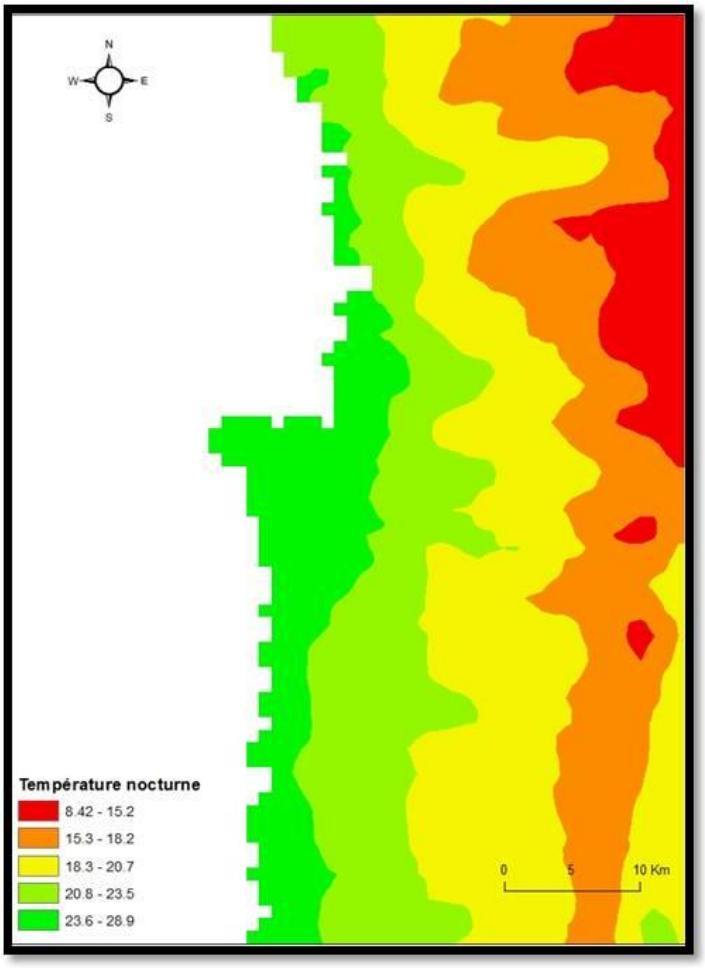


Figure 6 : température nocturne MODIS le 29 aout 2015

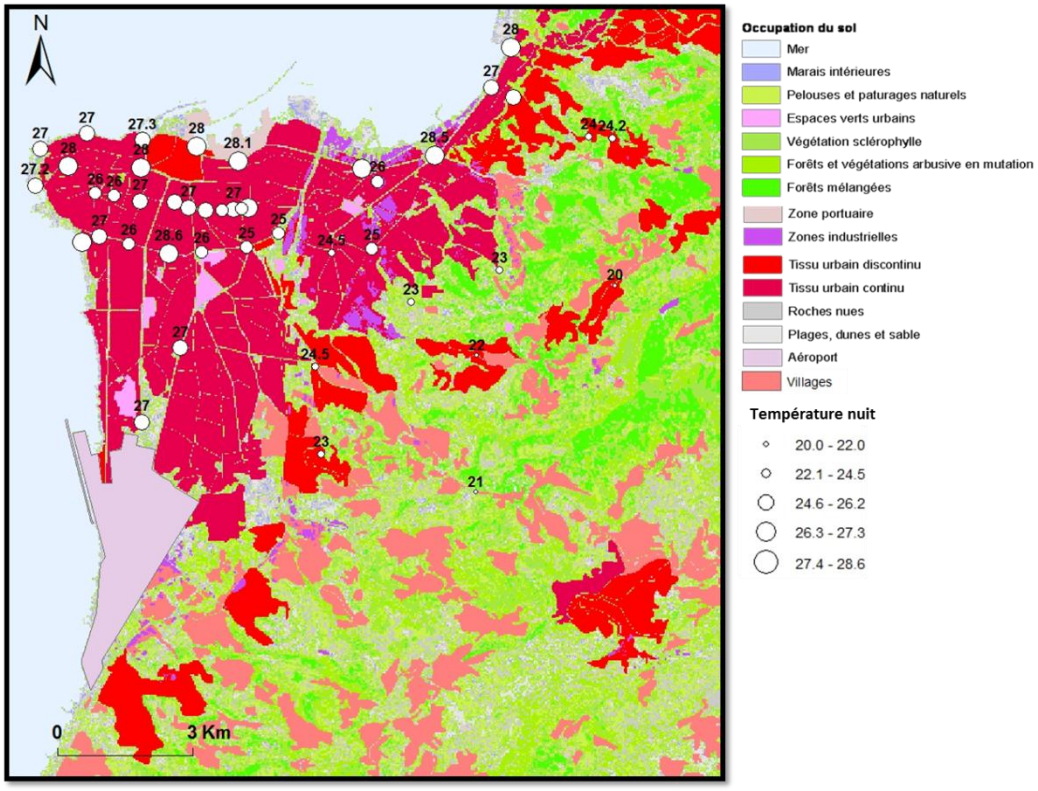


Figure 7 : mesures itinérantesnocturnesde la température de 00h30 à 2h00 (a.m) le 11/7/2015

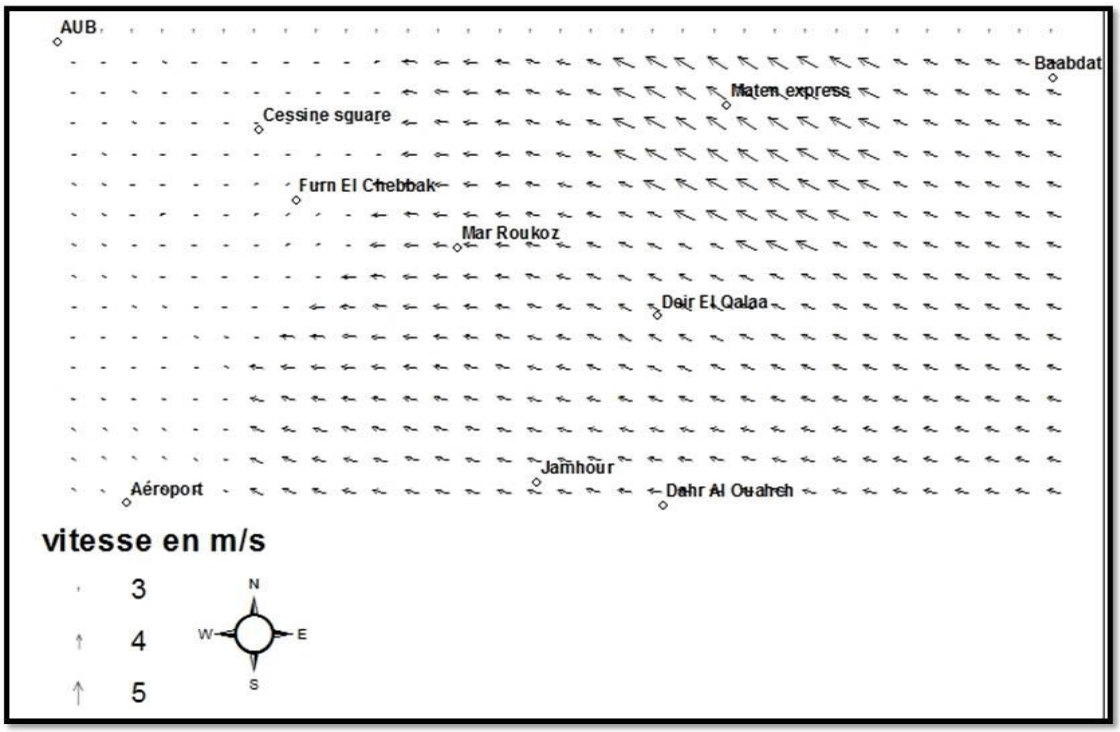


Figure 8 : direction et vitesse du vent nocturne à partir de mesures itinérantes entre 1h00 et 1h30 le matin du 11 juillet 2015.

Conclusion :

Cette étude montre queles températures de surface des quartiers denses sont plus élevées que celles des zones végétalisées environnantes dans la région de Beyrouth. Les mesures itinérantes de la température de l'air, à deux mètres au-dessus de la surface, ont révélé un ICU d'une intensité d'environ 4°C entre les zones ayant un tissu urbain continu et les zone ayant un tissu urbain moins dense. Les températures nocturnes enregistrées vers les hauteurs montrent un écart plus élevé de l'ordre de 6°C à 7 °C.

Les températures diurnes ont montré un résultat plus hétérogène, au niveau de la ville un écart de 2°C à 4°C sont mesurés entre Hamra Achrafiyye situées à l'ombre et les quartiers environnants en plein soleil. Les régions ayant un tissu urbain peu dense et des espaces verts situées à des altitudes élevées ont enregistré des températures similaires à la ville.

Les mesures réalisées jusque-là demeurent ponctuelles dans le temps et dans l'espace. Des travaux de terrain supplémentaires sont donc requis pour mieux caractériser la répartition spatiale de la température et son intensiténous souhaitons multiplier les campagnes de mesures itinérantes afin de mieux comprendre la répartition de la température nocturne et diurne surtout durant la période estivale.

Références bibliographiques :

Cantat O., 2004, L'ilot de chaleur urbain parisien selon les types de temps, *Norois,* n° 191, 2, p. 75-105.

Carrega P., 1994, Topoclimatologie et habitat, *Revue d'Analyse Spatiale Quantitative et Appliquée,* 35 et 36, 408 pages.

Charabi Y., 2001 : *L'ilot de chaleur urbain de la métropole lilloise : mesures et spatialisation.* Thèse de doctorat, Université de Lille 1, 247 pages.

Dahech S., Beltrando G., Bigot S., 2005, Utilisation des donnees NOAA-AVHRR dans l'etude de la brise thermique et de l'Ilot de chaleur à Sfax (sud-est tunisien), *Cybergéo, n° 317, 19 pages.*

Gallo KP., McNab AL., Karl TR., Brown JF., Hood JJ. and Tarpley JD., 1993**,** The use of NOAA AVHRR data for assessment of the urban heat island effect. *Journal of Applied meteorology*, 32 (5), 899-908.

Sakr S., Bridier S., 2017, Système de brises thermiques et distribution de la pollution atmosphérique à Beyrouth, *XXXème colloque de l'association Internationale de Climatologie, Sfax 03-06 juillet 2017.*

Oke TR., 1973:City size and heat urban island. *Atmospheric environment*, 7, 769-779.

Etude de la corrélation entre la morphométrie du réseau hydrographique et la vulnérabilité à l'inondation des bassins versants

Ibtihaj Noaman (1), Mhamad El Hage (2), Fadi El Naghi(3)

(1) Département de géographie, Université Libanaise, Tripoli, Liban

(2-3) Laboratoire d'Etudes Géospatiales (LEG), Faculté de génie, Université Libanaise, Tripoli, Liban

Résumé : Une corrélation entre les variables morphométriques et les dynamiques hydrologiques des quatre bassins situés à Akkar (Naher El Bared, Arqa, Oustowen et El Kabir) a été établie, afin de déterminer le potentiel de la caractérisation morphométrique dans la détermination des zones vulnérables à l'inondation. Pour cela, un modèle de vulnérabilité à l'inondation, basé sur la procédure hiérarchique d'analyse de Saaty, est élaboré pour ces quatre basins. Ce modèle se fond sur les caractéristiques physiographiques des bassins étudiés, qui sont déterminées à partir du modèle numérique de terrain SRTM ayant une maille de 30 m, ainsi que sur des données exogènes complémentaires lithologiques et d'occupation du sol.

Les caractéristiques morphométriques de ces bassins montrent qu'il existeune corrélation entre la forme du bassin, la pente, la sinuosité et les longueurs cumulées des cours d'eau d'une part et la vulnérabilité à l'inondation d'autre part. En effet, les zones ayant de faibles pentes, des cours d'eau dense sinueux et des longueurs cumulées élevées représentent de forte vulnérabilité à l'inondation. Ces résultats sont bien validés par les événements de crues fluviales récemment survenus à Akkar.

Mots-clés : MNT, morphométrie, réseau hydrographique, bassin versant, inondation.

Abstract : A correlation between the morphometric variables and the hydrological dynamics of the four basins at Akkar (Naher El Bared, Arqa, Oustowen and El Kabir) has been established to determine the potential for morphometric characterization in the determination of areas vulnerable to flood. For this, a model of vulnerability to flood, based on the hierarchical analysis procedure of Saaty, is developed for these four basins. This model is based on the physiographic characteristics of

the studied basins, which are determined from theASTER GDEMwith 30 m resolution, as well as on complementary lithological and land-use exogenous data.

The morphometric characteristics of these basins show that there is a correlation between the shape of the basin, the slope, the sinuosity and the cumulative lengths of the streams on the one hand and the vulnerability to the flood on the other hand. Indeed, areas with shallow slopes, sinuous dense streams, and long cumulative lengths are highly vulnerable to flooding. These results are well validated by the recent flood events in Akkar.

Keywords:DEM, morphometry, hydrographic network, watershed, flood.

Introduction :

La fréquence des risques naturels tend à augmenter en raison du changement climatique actuel. Les inondations,faisant l'objet de cette étude, figurent parmi les catastrophes naturelles les plus spectaculaires à l'échelle mondiale, puisqu'elles représentent plus que 34% environ des catastrophes naturelles.

Le bassin méditerranéen oriental a subi au cours des 25 dernières années des inondations d'intensité et de fréquence croissantes. Le Liban, comme plusieurs autres pays de ce bassin méditerranéen, est exposé à ce type de risque naturel qui entraine des pertes sur le plan humain, économique et environnemental. La situation devient critique dans notre zone étudiée suite à l'écoulement de 17 rivières permanentes dans cette région côtière, où vit plus que 70% de la population (Bou kheir, 2013).En conséquence, une bonne compréhension de la dynamique hydrologique des bassins fluviaux libanais est exigée, pour affronter les nouveaux défis physiquesdu changement climatique et de l'interférence humaine.

Dans cette étude, nous allons exploiter les relations possibles entre les caractéristiques morphométriques et la vulnérabilité à l'inondation sur la base d'une approche multicritères. Cette étude portera sur les quatre bassins hydrologiques El Bared, Arqa, Oustouwene et El Kabir situés à Akkar, en utilisant des techniques géomatiques avancées.

L'application de ces analyses multiples a abouti à un modèle de vulnérabilité à l'inondation basé sur la procédure hiérarchique d'analyse de Saaty. Ce qui a permis de cartographier les différents niveaux de vulnérabilité soit par stagnation, soit par ruissellement suite à des précipitations.

La premièrepartie decet article présente une description générale de la zone d'étude et sa situation géographique. Nous abordons ensuite les données utilisées et la methodologie suivie pour étudier la corrélation entre la morphométrie du réseau hydrographique et la vulnérabilité à l'inondation.Dans la troisième partie nous abordons la méthode de construction du modèle de vulnérabilité. Dans la dernière partie nous avons présenté les résultats issus de cette étude.

1. Zone d'étude :

Les quatre bassins d'étude se situent à Akkar, entre 36°27'42.03"E et 36°1'25.04"E en longitude et34°38'7.94"N et 34°21'14.61"N en latitude.

Cette zone couvre une superficie de 1568,45 km^2 environ,elle est délimitée par une bordure montagneuse à l'Est : la chaîne du Mont-Liban. Cette chaîne est formée de deux bastions calcaires,constituant un véritable château d'eau qui est à l'origine del'écoulement de ces rivières (Hakim, 1985, p.28). Ces rivièress'écoulent suivant la direction Est-Ouest, et collectent, sur ses rives, l'eau des affluents recueillant le ruissellement des collines alimentées par des précipitations de type méditerranéen. Comme toutes précipitations de ce type, elles sont abondantes à caractère torrentiel et orageuxet particulièrement neigeux sur les hauts plateaux ; C'est le résultat de la circulation atmosphérique régionale qui conditionne fortement le mode d'écoulement de ces bassins.

Quant aux quatre rivières d'étude, elles traversent de nombreux substrats depuis leurs sources jusqu'aux estuaires à la méditerranée. Leur trajet débute du Jurassique moyen et le Crétacé de l'Ère Secondaire jusqu'à l'Eocène de l'Ère Tertiaire. Des alluvions (sédiments récents, généralement fluviatiles) et des placages Quaternaires se déposent par endroits.

Les réseaux hydrographiques se trouvent inégalement répartis à l'intérieur des bassins versants.Leur évolution au cours du temps est contrôlée par des facteurs internes comme la lithologie et les structures tectoniques, externes comme le climat et le couvert végétal ainsi que l'anthropisation et composites comme la topographie et les facteurs hydrologiques (Brahim. 2016. p.4)

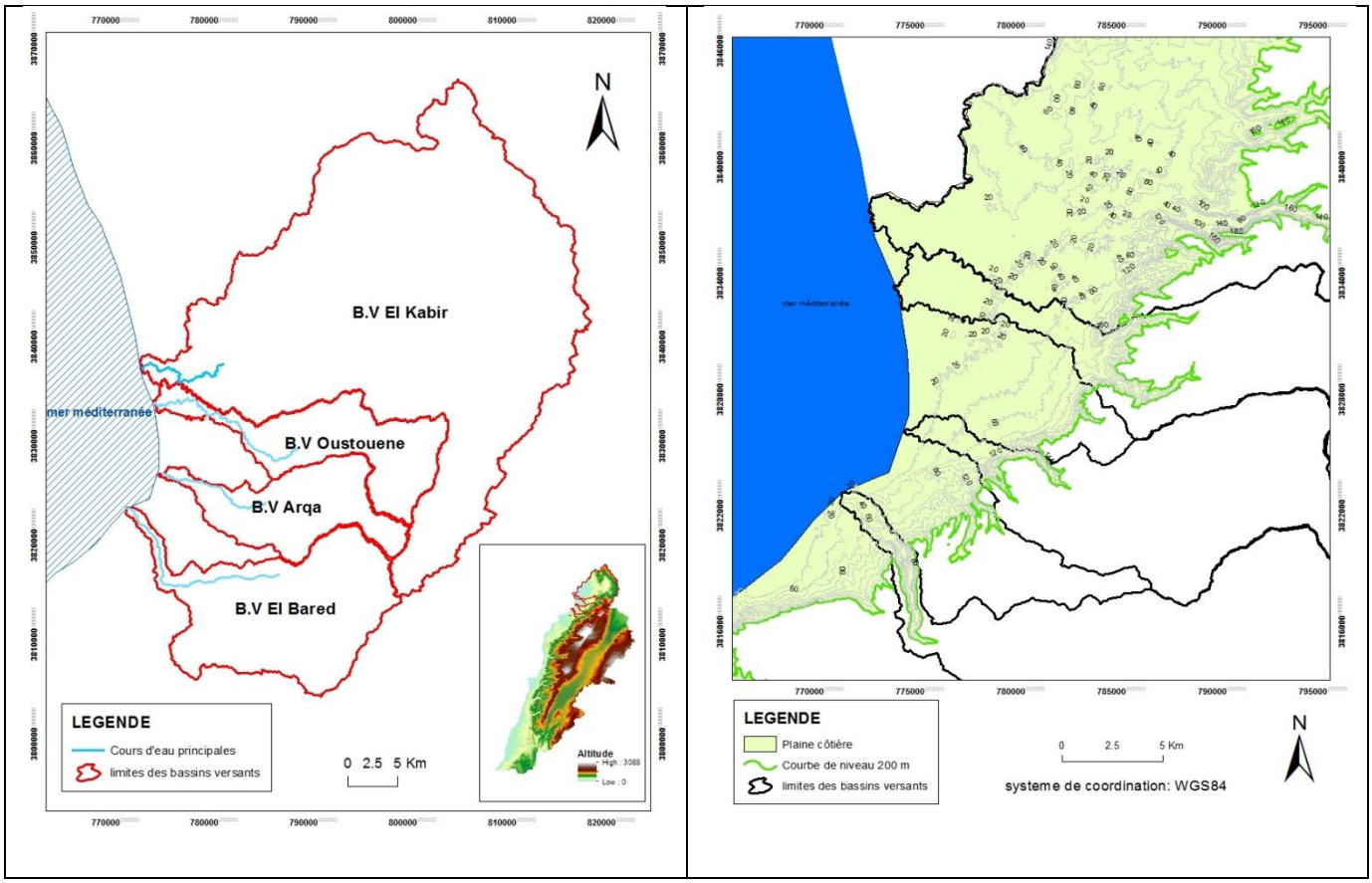


Figure 1 : Situation géographique des bassins versants et de la plaine côtière.

2. Données et méthodes :

2.1. Données :

Pour établir une base indispensable à la détermination des mécanismes hydrologiques des bassinset identifier la relation qui existe entre les variables morphométriques et la vulnérabilité face à l'inondation, la présente étude s'est basée sur plusieurs données.

Les limites des bassins versant et le réseau hydrographique sont extraites à partir d'une carte MNT SRTM généré par interférométrie radarayant une maille de 30 m (Farr et al. 2007). La phase de traitement est réalisée par l'outil SIG « Optimized Pit Removal » : outil de suppression de cuvetteoptimisé utilisant une combinaison de coupe et de remplissage pour éviter toutes dépressions (Sinks) indésirables sans affecter la globalité du paysage.Ces dépressions peuventproduiredes discontinuités sur lechemin d'écoulement d'eau.

La délimitation des bassins versants est faite en utilisant l'outil « Basin » du logiciel ArcGIS :Comme l'eau doit emprunter son chemin défini par la ligne de plus grande pente, la fonction « Flow direction » détermine les directions d'écoulement, la reconnaissance de l'exutoire de chaque bassin est effectuéequand la direction d'écoulement rencontre le trait de côte.L'algorithme parcourt les lignes de crête à partirde ces points et défini ainsi les limites des bassins.

Le réseau hydrographique est extrait en utilisant l'outil « Flow accumulation » qui, par pondération, cumule le flux dans toutes les cellules sur une même trajectoire d'écoulement.

Egalement, les propriétés géologiques et l'occupation du sol sont quantifiées par des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000^{e}, ce qui a permis de classer la perméabilité des affleurements superficielle. Les entités de l'occupations de sol sontnumériséesà partir d'images satellites GeoEye(pixel 0.5m) téléchargées depuis Google Earth.

2.2.Méthode :

Sur la base des caractéristiques physiographiques et la géométrie des réseaux hydrographiques déterminées, une approche méthodologique multicritère est suivie.

Cette approche a permis d'étudier la corrélation entre ces variables et les dynamiques hydrologiques suite aux pluviométriestorrentielles que ces bassins ont subies.

Pour déterminer cette corrélation, cinq cartes thématiquessont établies : Carte des pentes, carte de longueur cumulée, carte de sinuosité, carte d'altitude et carte de distance à l'exutoire.

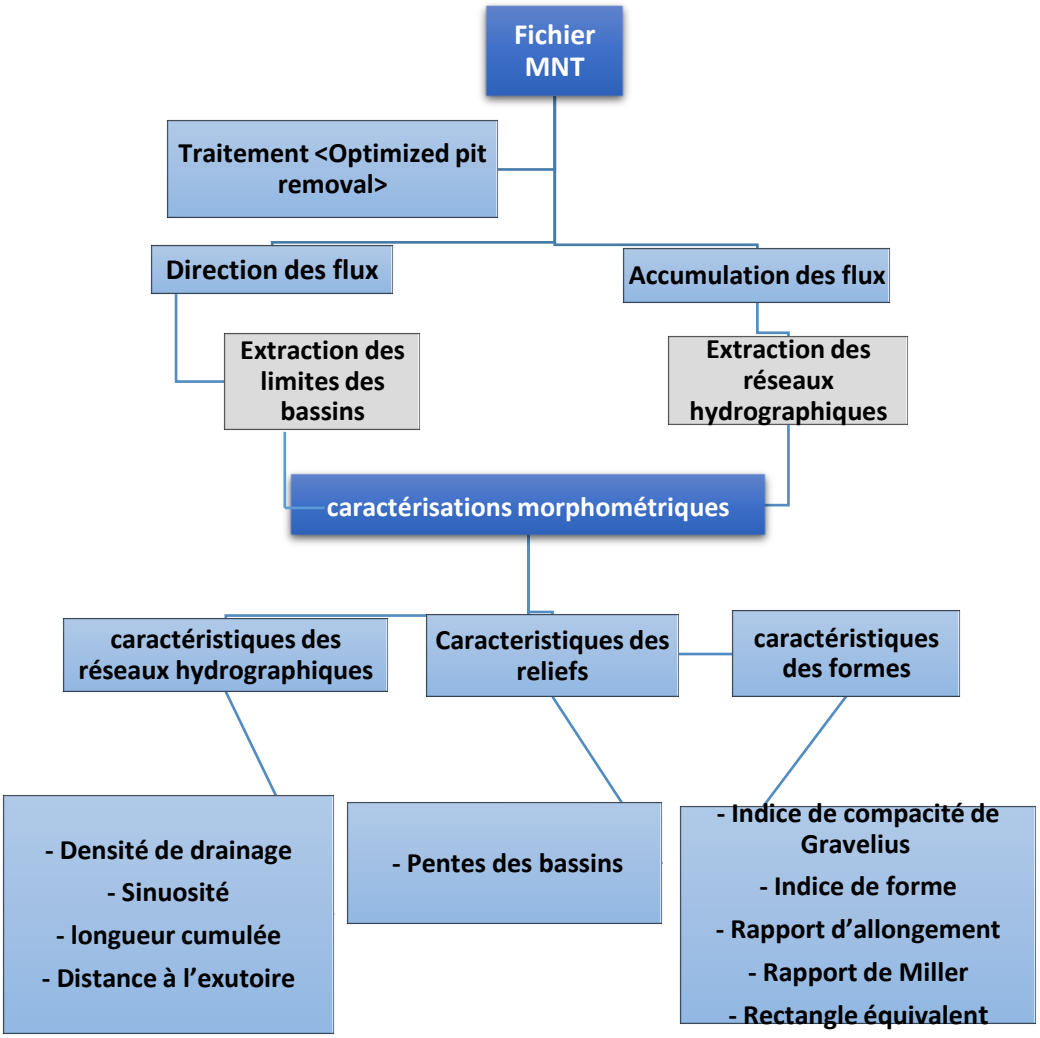
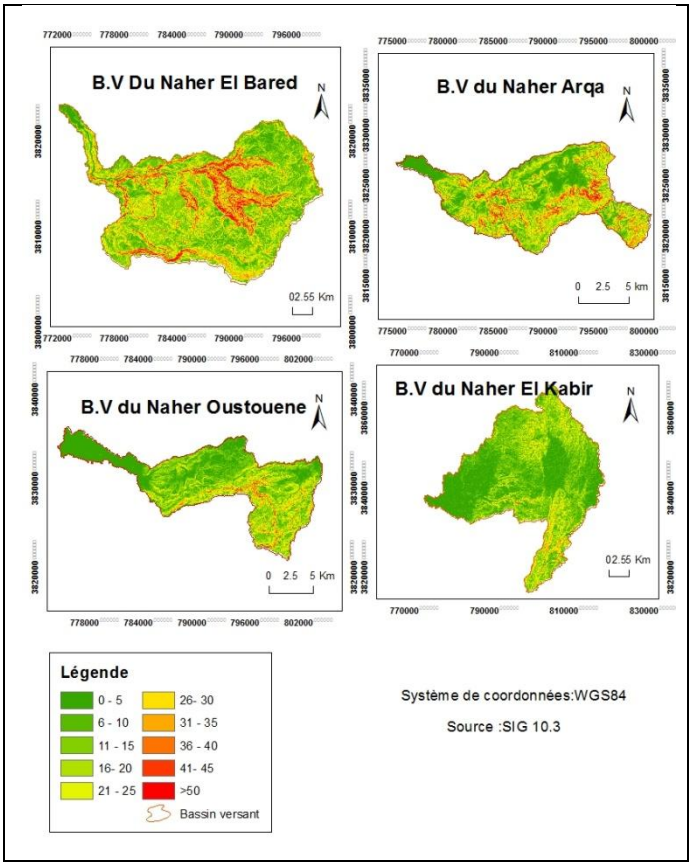


Figure 2 Démarche méthodologique pour déterminer la vulnérabilité à l'inondation

Carte des pentes: La pente exerce une influence directe sur la rapidité de l'écoulement et donc sur la puissance de la crue (Mohamed., 2011, p.27). Une pente abrupte favorise et accélère l'écoulement superficiel par gravité, tandis qu'une pente faibleou nulle contrarie l'écoulement des eaux pluviales par gravitation, ce qui accumule l'eau en surface.

Carte de longueur cumulée : La longueur cumulée permet de déterminer la capacité des flux par rapport à des points définis (arrivée de l'eau des différents affluents).Par conséquent le débit sera fonction de cette capacité comparée à la quantité de pluie (Ibrahim et al., 2015, p.11).



Figures 3 Carte des pentes

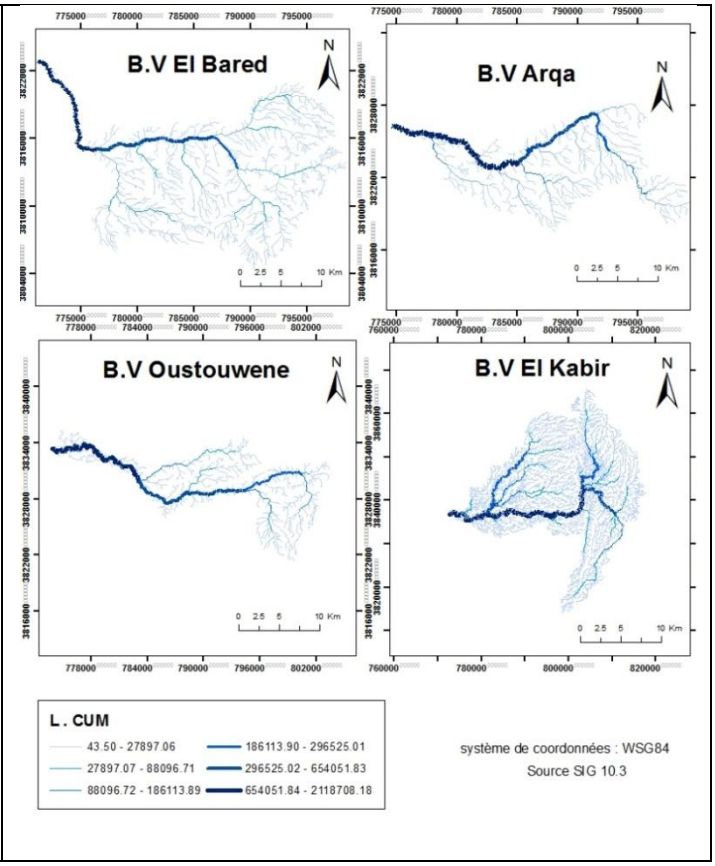


Figure 4 Carte des longueurs cumulées

Carte de sinuosité : le tracé quasi rectiligne du réseau hydrographique accélère le débit dans la rivière. Par contre, le tracé sinueux provoque une stagnation de l'eau.

Carte de densité de drainage : Une faible valeur de densité de drainage indique que les affleurements superficiels sont perméables, tandis qu'une valeur élevée montre une forte imperméabilité. Par suite, une zone caractérisée par une densité de drainage faible réagit plus lentement qu'une zone d'une densité élevée. Ceci est dû à l'écoulement concentré qui peut atteindre des vitesses bien supérieures à celles de l'écoulement diffus. De ce fait, les cours d'eau drainant les régions imperméables ont une probabilité plus forte à développer des crues dangereuses.

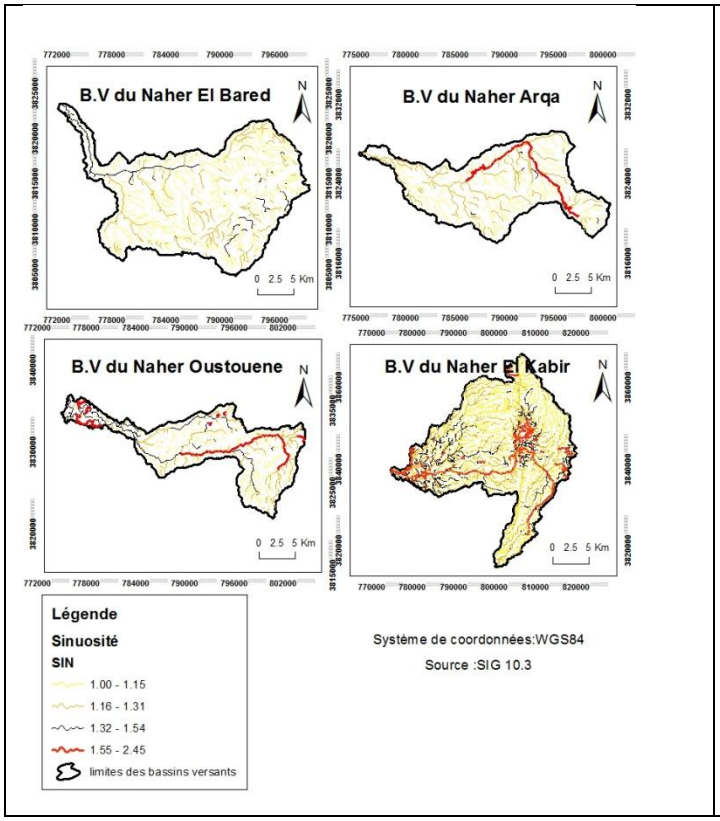


Figure 5 Carte de sinuosité des réseaux hydrographiques.

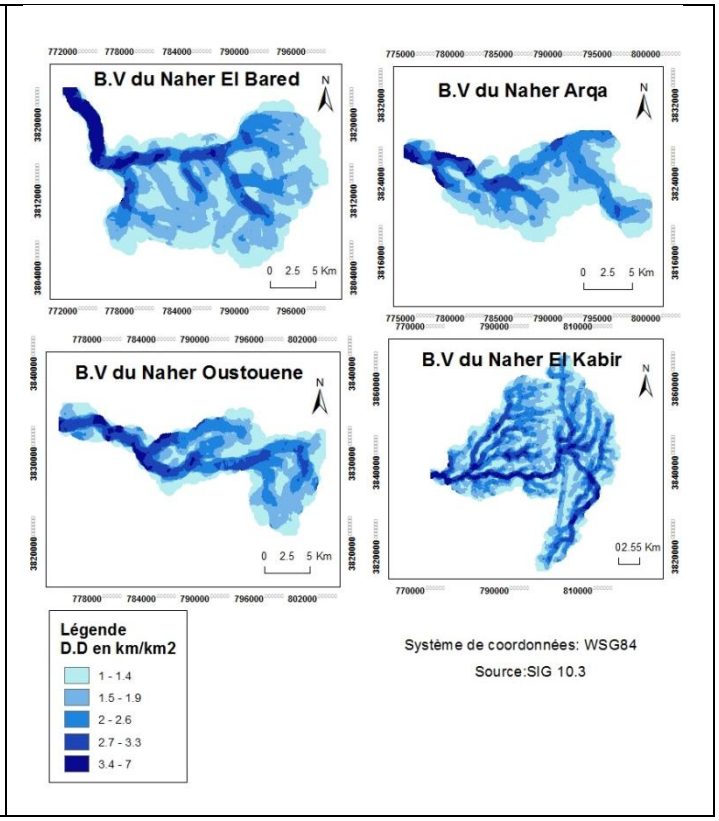


Figure 6 Carte de densité de drainage.

Distance à l'exutoire: les bassins sont divisés en zones.Chacune de ces zones est caractérisée par une distance spécifique à l'exutoire. Si les distances sont similaires, cela indique que la pente générale du bassin est faiblementinclinée d'Est en Ouest (Ibrahim et al., 2015, p.11).

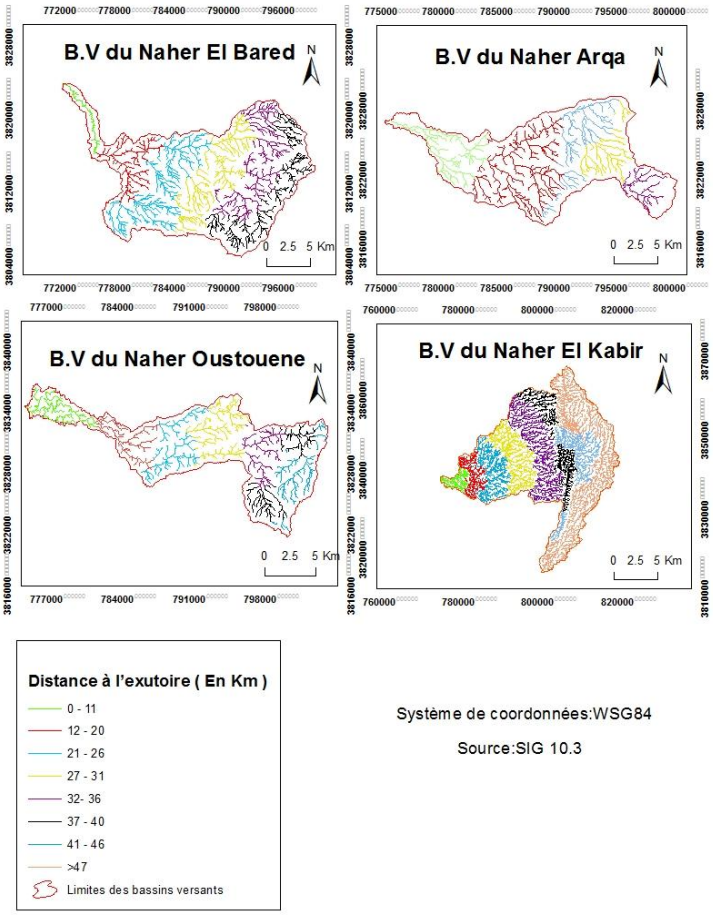


Figure 7 Carte de distance à l'exutoire.

Ensuite, la topologie et la géométrie des réseaux hydrographiques extraits sont quantifiées et calculées par le logiciel SSM (Self Similarity Map)(Frelat, R.,2012). Ainsi, plusieurs variables et indices morphométriquesde rôle principal sont dérivés du MNT, notamment ceux prédominant le déclenchement des crues (tableau 1).

Variables physiographiques	**B.V El Bared**	**B. V Arqa**	**B.V Oustouene**	**B.V El Kabir**
Superficie (km^2)	260.88	134.34	154.89	1018.34

Périmètre (km)	101.78	76.8	99.95	219.15
Rectangle équivalente (km)	L=50.4 l=5.17	L=34.38 l=3.9	L=46.68 l=3.31	L=99.13 l=10.27
Indice de compacité	1.75	1.85	2.25	1.92
Indice de forme	0.43	0.76	0.30	5.27
Rapport d'allongement	0.74	0.98	0.62	2.59
Rapport de Miller	0.32	0.28	0.19	0.26
Temps de concentration (heures)	1.356	1.786	4.294	27.694
Ordre plus long talweg	6	5	5	7
Plus Long talweg (km)	24.6	13.3	22.7	13.9
Pente du cours d'eau (m/km)	20.88	20.91	8.12	0.58
Sinuosité	1.15	1.19	1.26	1.28
Densité de drainage D.d (km/km^2)	2.13	2.17	2.05	2.08
Densité hydrographique	4.02	3.76	3.54	3.56
Coefficient de torrentialite	5.28	4.70	4.59	4.64
Géologie	61.37% Perméables	76.70 % Perméables	43% Imperméables	52% Imperméables
Occupation de sol	1.91 % urbain	4.43% urbain	4.49% urbain	1.98 % urbain

	66.6% naturel	53.9%agricole	59.6% agricole	54% agricole

Tableau 1 : Liste de paramètres physiographiques déterminés.

3. Construction du modèle de vulnérabilité à l'inondation :

Le modèle construit basé sur la procédure hiérarchique d'analyse de Saaty, se fond sur les caractéristiques physiographiques des bassins étudiés. Ces caractéristiques sont déterminées à partir du modèle numérique de terrain, des données exogènes complémentaires lithologiques et celles d'occupation du sol.

L'élaboration de ce modèle consiste à construire une matrice M1 contenant les variables de chaque portion du bassin. Cette matrice servira à comparer les facteurs entre eux. Cette comparaison est binaire et permet d'obtenir un classement des facteurs selon leur importance relative dans le processus d'inondation.

Chaque portion du bassin est ainsi caractérisée par sa pente, sa perméabilité, son type d'occupation du sol, son altitude et son densité de drainage. A l'échelle de chaque maille, un indice a été attribué afin d'hiérarchiser les facteurs selon leur ampleur: indice(1) très faible, (2) faible, (3) moyenne, (4) forte et (5) très forte (tableau2)

Variables	**Pente**	**Géologie**	**Occupation de sol**	**Altitude**	**Densité de drainage**
Pente	1	2	3	4	5
Géologie	1/2	1	2	3	5
Occupation de sol	1/3	1/2	1	2	4
Altitude	1/4	1/3	1/2	1	3
Densité de drainage	1/5	1/5	1/4	1/3	1

Tableau 2 : Matrice de corrélation des variables du modèle de vulnérabilité à l'inondation, représentant l'importance de chaque facteur par rapport à l'autre.

Pour déterminer le poids de chaque facteur, la méthodologie consiste à calculer le vecteur propre normalisé. De ce fait, il faut construire une matrice M2 égale au produit de la matrice M1 par elle-même, faire la somme de chaque ligne de cette matrice et obtenir le vecteur propre. Le vecteur propre normalisé est calculé en divisant chaque composante du vecteur propre par la somme totale de toutes les composantes.

Cette procédure de construction d'une nouvelle matrice à partir d'une matrice précédente est répétée autant de fois jusqu'à l'obtention d'une différence négligeable dans les valeurs de vecteur propre normalisé. Pour les bassins étudiés, l'itération s'est arrêtée au troisième rang, et le calcul est arrêté à l'obtention de la matrice M4.

Pour un raisonnement robuste, la cohérence des appréciations ne doit pas fournir unpourcentage de cohérence supérieure ou égaleà 0,1. Le pourcentage dans cette étude est trouvé 0,03 et les résultats obtenus peuvent être considérés fiables et acceptables. Les cartes obtenues sont réintégrées dans le système d'information géographique pour cartographier les différents niveaux de vulnérabilitéqui résultent de la superposition des cartes issues de ce traitement.

4. Résultats :

Les indices morphométriques sont les premières mesures créées en géomorphologie pour quantifier le comportement hydrologique potentiel des bassins versants (Douvinet et al., 2008, p.1). L'examen des caractéristiques morphométriques des bassins de cette étude révèle une relation significative entre la morphométrie et la vulnérabilité à l'inondation.

La figure 8 représente la vulnérabilité à l'inondation des différents bassins.la vulnérabilité à l'inondation est classées en cinq catégories allant du plus faible au plus forte.

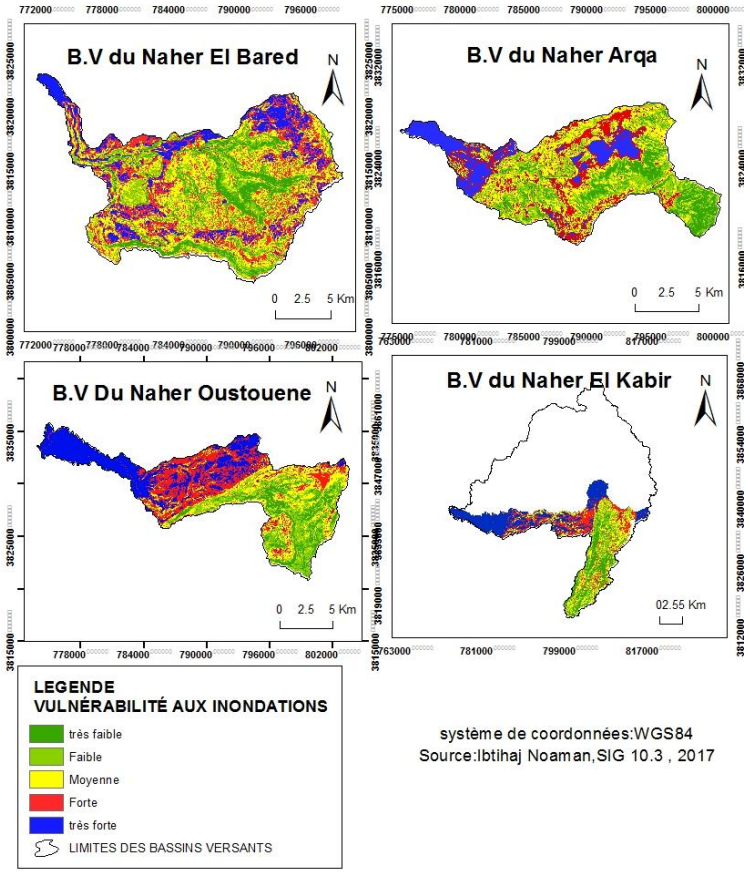


Figure 8 Carte de la vulnérabilité à l' inondations.

Les bassins d'Oustouwen et la partie libanaise qui a été étudiée du bassin El Kabir sont les plus vulnérables et possèdent une dynamique hydrologique favorable aux inondations puisqu'il s'agit bien des bassins à faible altitude, en majorité imperméables(52.79% des ses géologie est formée du Basalte et du Pliocène), avec des vastes zones des faibles pentes. Les inondations dans ces deux basins constituent un risque naturel évident puisque plus que 51% de leurs superficies est d'une vulnérabilitéforte à très forte.Ses réseaux hydrographiques denses bien ramifié les rendent très vulnérable à une inondation rapide.

Par contre, les bassins versants montagneux El Bared et Arqa présentent une faible vulnérabilité. 66% de la superficie desces deux bassins est composée des milieux naturels sur des formations carbonatées perméables en majorité.

L'examen des cartes de la vulnérabilité obtenue de la modèle élaborée et l'étude globale des caractéristiques morphométriques pour chaque bassin révèle une relation significative entre la morphométrie et la vulnérabilité à l'inondation. En effet, la forme du bassin influe directement sur le régime de ruissellement. Un bassin de forme quasi-circulaire possède une réponse hydrologique beaucoup plus rapide à la même averse qu'un bassin allongé (Awad, 2011, p.144).Ceci est dû à l'arrivée d'eau à l'exutoire en grande quantité et dans un même intervalle de temps dans un bassin circulaire, ce qui entraînera une augmentation du niveau d'eau dans le cours d'eau primaire. Par contre,ce phénomène ne se produit pas dans un bassin de forme allongée puisque l'eau arrive séquentiellement à l'exutoire comme le cas du bassin Arqa qui présente une faible vulnérabilité corrélée. Leur coefficient de Gravelius a de forte allongement(1.85). 40 % de la superficie du ce bassin présente une vulnérabilité allant du faible à moyenne.

En plus, les zones les plus vulnérables selon la modèle élaborée sont:

- Celles faiblement inclinées (zones des plaines)
- Celles ayant un tracé sinueux de réseaux.
- Celles à longueurs cumulées élevées.
- Celles à des distances similaires à l'exutoire
- Celles urbanisées

Nous prendrons l'exemple de la plaine El Boukayaa dans le bassin versants du Naher El Kabir qui présente une très forte vulnérabilité a l'inondation et caractérisée par des tracés très sinueux ce qui contrarie l'écoulement par gravitée, des longueurs cumulées élevées et des points à des distances similaires à l'exutoire (Figure 9).

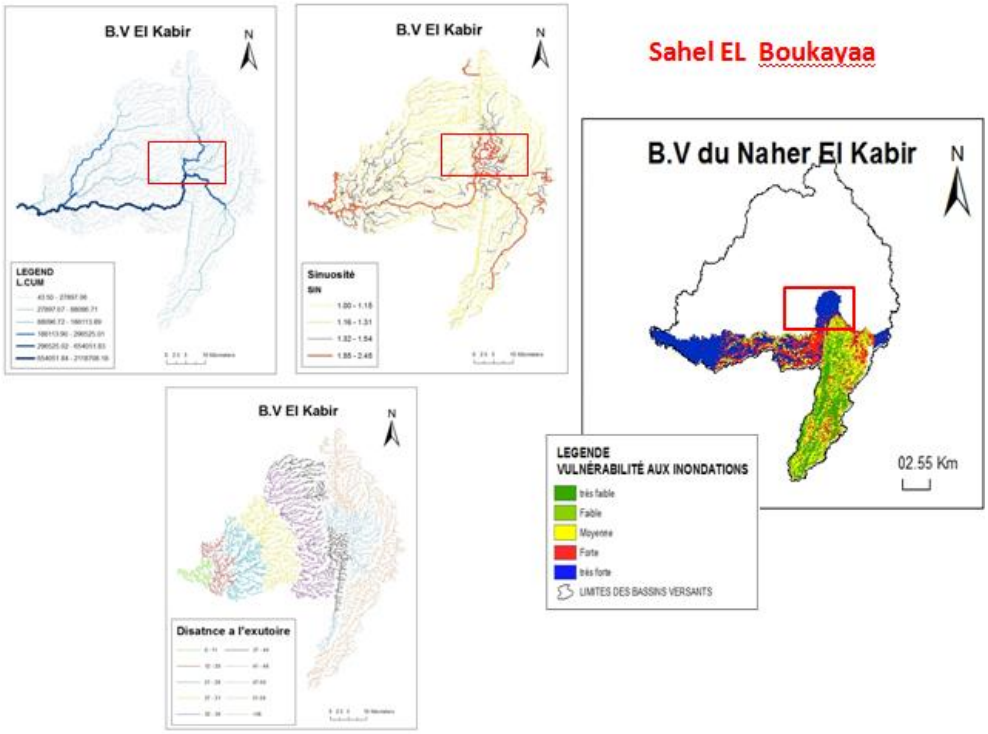


Figure 9 Corrélation entre les caractéristiques morphométriques et forte vulnérabilité a l'inondation du Sahel El Boukayaa

Par contre, les zones les moins vulnérables sont les zones montagneuses fortement inclinées à de réseaux de tracé presque rectiligne et de faibles longueurs cumulées.

5. Discussion et conclusion :

Les résultats obtenues dans cette étude confirment la relation entre variables morphométriques et hydrologiques d'un bassin. Cette relation est mise en place depuis 1932 par plusieurs chercheurs, (Horton (1945), Strahler (1952), Scheidegger (1966) et Shreve (1966). (C.Faye, 2014., p.99). Notez que nous avons étudié des variables morphométriques non étudiées dans ces matériaux, telles que la longueur cumulée.

En effet, les zones ayant despentes faibles (strictement inférieure à 10%) contrarient l'écoulement des eaux pluviales par gravitation. Les affleurements lithologiques imperméables à l'eau ralentissent l'infiltration et entraînent une stagnation qui accumule l'eau à la surface. Les cours d'eau sinueux et

des longueurs cumulées élevées présentent de forte vulnérabilité à l'inondation. Par contre, les zones montagneux fortement inclinées, avec de réseaux de tracé presque rectiligne et de faibles longueurs cumulées sont moins vulnérables. L'urbanisation favorise de plus le ruissellement.

Comme résultat, les zones les plus vulnérables de ces quatre bassins sont les suivantes : La plainecôtière d'Akkar,Heker- El Dahri,SahelEL Boukayaa, Al -Samaqiya et Al-Aarida. Nos résultats sont bien validés par des observations des phénomènes de crues fluviales récemment survenues dans plusieurs régions à Akkar.

L'utilisation de nouvelles techniques géospatiales montre une importante fiabilité dans la détermination précise des caractéristiques physiographiques des bassins versants et permet de prédire le risque naturel d'inondation. Par conséquent, il est recommandé d'utiliser ces techniques systématiques avancées afin de créer une base de données hydrologiques pour tous les bassins libanais.

Le phénomène d'inondation est complexe et ne peut être prédit que moyennant la combinaison de différentes facteurs climatiques, géologiques, physiographiques, et anthropiques, influant la dynamique des bassins.

Cette étude peut être considérée comme une base de données initiale visant l'amélioration de la connaissance sur les quatre bassins d'étude et la quantification de ses ressources en eau. En plus, la prédiction et la cartographie de la vulnérabilité face à d'inondation présentent un outil d'aide à la protection et l'adaptation contre ce risque naturel, dans une perspective de gestion durable.

La forte densité de population et les activités agricoles et commerciaux concentrées dans les zones fortement vulnérables, surtout dans la plaine côtière d'Akkar,justifie la nécessité urgente d'Akkar à étudier ses ressources en eau.

Le traitement approfondi de la base des données morphométriques, géologique et hydroclimatiquesbasé sur des images satellites et des MNT de très haute résolution spatiale constitue une perspective de recherche qui pourra améliorer et mieux raffiner les cartes élaborées.

Référence :

Frelat, R., Bendraoua, F., Claden, M., El Hage, M., Polidori, L., Gaucherel, C., 2012. Projet BVH Phase I: Description spatiale des bassins versants Haïtiens. InstitutFrançais de Pondichéry.

Awad, S. 2011. Nahr El Jaouz,Etude de Géographie Physique : Hydrologie et Pollution, Thèse de doctorat, Université Libanaise, Liban.

Faye, C., 2014. Méthode d'analyse statistique de données morphométriques: corrélation de paramètres morphométriques et influence sur l'écoulement des sous-bassins du fleuve Sénégal. Cinq Continents 4 (10): 80-108.Sénégal.

Douvinet, J., Delahaye, D., Langlois, P., 2008. Modélisation de la dynamique potentielle d'un bassin versant et mesure de son efficacité structurelle. European Journal of Geography.Enligne:http://journals.openedition.org/cybergeo/16103;DOI:10.4000/cybergeo.16103

Farr TG, Rosen PA, Caro E, Crippen R, Duren R, Hensley S, Kobrick M, Paller M, Rodriguez E, Roth L, Seal D, Shaffer S, Shimada J, Umland J, Werner M, Oskin M, Burbank D, Alsdorf D, 2007. The shuttle radar topography mission, Reviews of Geophysics, 45(2), RG2004.

Hakim, B. 1985. Recherches hydrologiques et hydrochimiques sur quelques karsts méditerranéens Liban, Syrie et Maroc. Publications de l'Université Libanaise, Beyrouth Liban.

Bou Kheir, R. 2013. Pourquoi les inondations sont si dangereuses et catastarophiques au Liban . En ligne :www.centre-catholique.com.

Mohamed, B. 2011. Problématique du risque inondation en milieu urbain ; cas de l'agglomération de sidi bel Abbes. Mémoire. Université Aboubakr Belkaïd - Tlemcen

Ibrahim, M., Al Hajj, M., El Hage, M. 2015.Use of geomatic approaches to characterize Arqa River Basin: a typical coastal Lebanese River, Open journal of Modern hydrology

Brahim, B. 2016. Utilisation du SIG dans l'analyse morphométrique et la propitiation des sous bassins versants d'Oued Inaouene (Nord-Est du Maroc), Université Moulay Ismail, Zitoune, Meknès-Maroc

اقتراح منهجية لتحسين بيانات ملفات نماذج الارتفاع الرقمي (DEM) ومخرجاتها.

أ.د بهجت محمد*د. أيهم رزق**

*** أستاذ الجيومعلوماتية ـقسم الجغرافية جامعة دمشق**

**** باحث في الجيومعلوماتية و الجغرافية البشرية**

ملخص :

اتسع استخدام ملفات الارتفاع الرقمية في السنوات الأخيرة بعد إتاحة هذه البيانات بشكل شبه مجاني أمام الباحثين والمهتمين في مجالي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتهما في مختلف القطاعات المكانية . ونظراً لما تتمتع به مخرجات هذه الملفات من ديناميكية في الحصول على النماذج ثلاثية الأبعاد لسطح الأرض، وما يمكن استخراجه منها مثل الكنتورات والقطاعات الطبوغرافية، وتحليلات السطوح، فقد أصبحت أحد أهم مصادر البيانات المكاني ـ الفضائية . غير أن الملفات المتاحة حالياً بدقة مكانية تقارب (30×30 م) لا تؤمن دقة كافية في قياس الارتفاعات ، ويصل الخطأ الشاقولي في بعض الأحيان إلى نحو عشرين متراً، وهي ليست نسبة ثابتة موجبة في الخطأ ليتم تصحيحها بطريقة رياضية ، بل تتفاوت من مكان لآخر مما يجعل خطوط الكنتور المولّدة منها تنزاح عن مواقعها الطبيعية، ويجعل النموذج ثلاثي الأبعاد مشوهاً بدرجة ما غير مقبولة بالنسبة للمخرجات الكبيرة المقياس (50000/1) فأكبر، وهذا ما يبدو واضحاً ببساطة عند خط الشاطئ الذي لا يتطابق مع خط ارتفاع (الصفر) وقد لا نجد هذا الارتفاع موجوداً في ملف الارتفاع الرقمي .

يهدف هذا البحث إلى تحسين ملفات الارتفاع الرقمية عن طريق إدخال قيمة الصفر على امتداد خط الشاطئ المأخوذ من المرئيات الفضائية بدقة عالية إلى الملف واستبدال القيم الموجودة ، وإضافة نقاط الارتفاع الموجودة على الخرائط الطبوغرافية بقيمها ـ التي يفترض البحث صحتها بدرجة كافية ـ لتصحيح باقي قيم خلايا الملف ، وتجزئة الخلايا

(البيكسلات 30×30) لمضاعفة عددها أربع مرات بكل اتجاه على الأقل، واستخراج قيم ارتفاع وسيطة مما يساعد على استخراج سطوح ثلاثية أبعاد أكثر دقة ونعومة من وضعها القائم على الملفات الأصلية ، وكذلك استخراج كنتورات وتحليلات سطوح أكثر دقة ومصداقية . وقد اعتمد ملف ارتفاع رقمي لمنطقة شاطئية شمال مدينة اللاذقية – سورية، تضم شاطئاً صخرياً مرتفعاً يجاوره من الطرفين شاطئ رملي منخفض من أجل الحصول على نموذج متنوع في بقعة صغيرة.

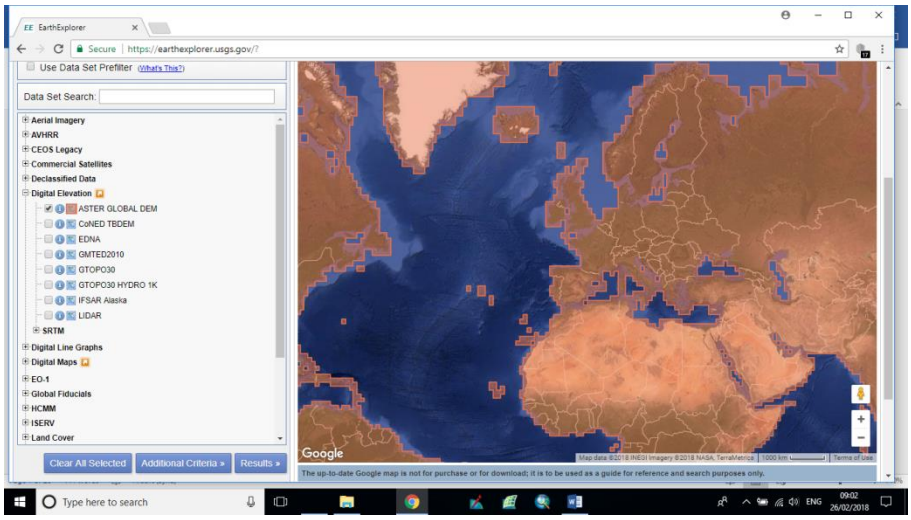
أثبت نتائج الطريقة المعتمدة أن بالإمكان تحسين ملفات الارتفاع الرقمية بدرجة جيدة، وبالتالي فإن الملفات الناتجة تصبح أكثر صلاحية للقيام باستخراج الكنتورات للخرائط الطبوغرافية حتى مقياس 25000/1 وللقيام بتحليلات السطوح اللازمة في الكثير من التطبيقات.

مقدمة:

تعد نماذج الارتفاع الرقمية من أهم البيانات الاستشعارية التي يمكن اعتمادها اليوم لتوليد سطوح ثلاثية الأبعاد ومحاكاة الواقع الطبوغرافي لمناطق جغرافية مختلفة, وما زاد من قيمتها هو إتاحتهاو بشكل مجاني (إلى حد بعيد) لمستخدمي ولباحثي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية, وبالتالي فقدباتت الوسيلة الأكثر كفاءة من حيث الوقت و التكلفة المطلوبين لإجراء التصحيح الشاقولي للصور الفضائية والجوية,بالإضافةإلى إمكانية استخدامها وبشكل فاعلفي عملية تحديث الخرائط والمخططات الطبوغرافية القديمة.

وعلى الرغم من أهمية هذا المصدر من البيانات الاستشعارية الحديثة فإن المشكلة تكمن في محدودية دقتها المكانية للمتوفر منها وبخاصة مجانية المصدر, كالتي يمكن الحصول عليها من هيئة المسح الجيولوجي الأميركية USGSوالتي تزود الباحثين بنموذج ارتفاع رقمي عالمي ASTER Global Digital Elevation Modelحديث نسبياً، يعود لشهر تشرين الأول عام 2011. طبعاً تبقى**الدقة الرأسية** والتي تقاس من خلال حجم الخلية الواحدة (pixel size) لهذه المرئية قليل نسبياً بحيث لا تقل عن25متراًكما هو في حال منطقة دراستنا, و لكن يمكن أن تصل لـ 10 أمتارفي مناطق جغرافية أُخرى كالولايات المتحدة وأوروبا.

وعلى الرغم من توافر بعض النماذج ذات الدقة العالية نسبيا 5 متر إلا أنها مكلفة جدا ولا تغطي كافة المناطق كالتي توفرها نظيراتها مجانية المصدر بحيث تقتصر على تغطية بعض المناطق من المدن الكبرى كحلب ودمشق.



الشكل 1: تغطية ASTGDEMV2. USGS website https://earthexplorer.usgs.gov/logout/expire

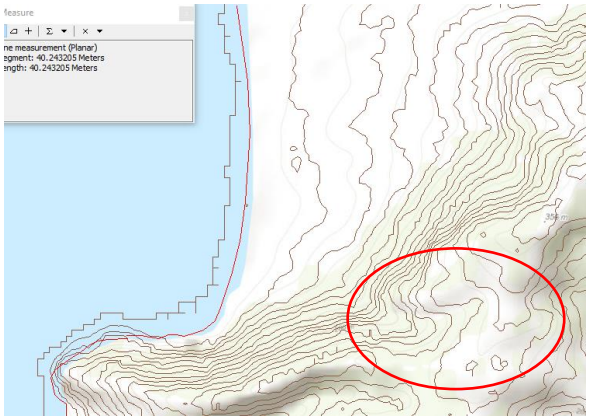
المشكلة:

قد يكون هذا المصدر من البيانات الاستشعارية كافٍ لتوليد سطوح طبوغرافية بفاصل رأسي جيد (بين 10 – 20 متر) في مناطق متفاوتة التضاريس (كمحافظة دمشق مثلاً), لكن يبقى التحدي الأكبر هو إمكانية استخدامها وبشكل فاعلفي توليد خطوط تسوية دقيقة و معبرة عن الواقعالطبوغرافي الحقيقي في المناطق المحاذية للشواطئ - وبخاصة تلك التي تتقاطعفيها السفوح والجروف الصخرية, التي قد يصل ارتفاعها في بعض الأحيان إلى عشرات الأمتار - حيث تتداخل مع خط

الساحل ذو القيمةصفر مشكلة بروزات صخرية بحرية واضحة تتلاشىعندها الحدود ويصبح فيها قراءة وتمييز خط الشاطئ باستخدام هذه المرئيات الرادارية ذات الدقة المكانية القليلة نسبياً (30*30 متر) أمراً بالغ الصعوبة.

وبالاطلاع على توصيف البيانات المقدمة من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية نجد أنها توجه انتباه المستخدمين إلى إمكانية وقوع الأخطاءالكبيرة في قيمة الارتفاع عند توليد خطوط التسوية باستخدام هذا النوع من نماذج الارتفاع الرقمي ما يحد من دقة مخرجاتها (USGS Earth Explorer)

توضح الصورة التالية نتيجة توليد خطوط التسوية باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي الأصلي المتاح.حيث يلاحظ بشكل واضح مشكلة تقاطع خطوط التسوية متجاوزة مسافة 200 متر في البحرعن خط الشاطئ الذي لا يتجاوز ارتفاعه بين 0 – 1 متر.



الشكل 2: يوضح مشكلة تداخل خطوط التسوية المولدة من نموذج الارتفاع الرقمي مع المياه البحرية.

وفي هذا السياق من الجدير ذكره بأن منصات الخرائط الرقمية العالمية الشهيرة مثل (غوغل إرث) تعتمد على هذا المصدر من بيانات الارتفاعات الرقمية وعليه فإن دقة قراءة البيانات الطبوغرافية والمتمثلة بقيم الارتفاع بالنسبة لمستوى سطح البحر تختلف في دقتها حسب الموقع الجغرافي حيث يبلغ حجم الخلية ما بين 30-60 متر و بارتياب رأسي قد يتجاوز 20 مترا (Nonum elevation source, USGS, Google Earth metadata, El-Ashmawy, 2016, والتي تعتبر مشكلة عامة تواجه جميع الباحثين في هذا المجال حيث نجد في الآونة الأخيرة اهتماما متزايدا من قبلهم للبحث في نسبة الخطأ الناتجة عن هذا المصدر من البيانات الاستشعارية

وعليه فإن هذه الورقة تأتيلتسلط الضوء على هذه المشكلة و لتقترح منهجية مبسطةلمعالجة هذا النوع من المرئيات بغية تحسين الدقة الرأسية **للخط الساحليومواقع اليابسة المجاورة**باستخدام نظام المعلومات الجغرافية –مع الأخذ بعين الاعتبار المُحدِدات التقنية لمثل هذا الإجراء الذي يتطلب مراجعة أوفر للتأكدمن دقة مخرجاته. كما أنها لاتتطرق للأدبيات (القليلة نسبيا و بخاصة العربية منها) التي تناولت مشاكل استخدام مثل هذه النماذج وإنما يمكن اعتبارها كمحاولة نسعى من خلالها لتسليط الضوء على سبل تحسين نوعيتها فاتحين المجال أمام الباحثين المهتمين بتطوير هذه الفكرة وتوسيعها مستقبلا.

العينة المكانية:

تركز هذه الورقة على محافظة اللاذقية في الساحل السوري وبخاصة منطقة أم الطيور كمثال واضح لتداخل الجروف والفتات الصخري المتفاوت الارتفاع مع خط الشاطئ , بالإضافةإلى وادي قنديل التي تمثل منطقة شاطئية متدرجة الارتفاع نسبياً.**مع إمكانية تطبيقه على كافة المناطق المشابهة بخصائصها الجيومورفولوجية في حال ثبوت سلامة المنهج المتبع.**

الشكل 3: يوضح البروزات الصخرية البحرية في منطقة أم الطيور ووادي قنديل

الأدوات و البيانات:

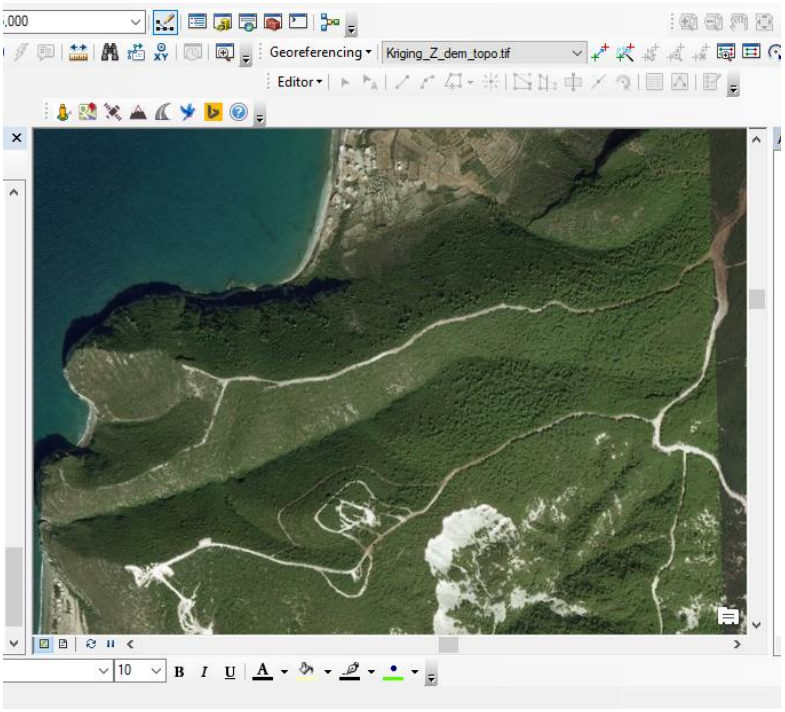
1- **نظام المعلومات الجغرافية**: ArcGIS, مع استخدام التطبيقات التالية Arc Toolbox and Arc ArcMap

2- **المعطيات الاستشعارية:**

أ- تم الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي ASTGDEMV2 المأخوذة من التابع الصنعي ASTER لعام 2011 و المتوفر للمنطقة من خلال موقع هيئة المسح الجيولوجي الأميركية Earth Explorer. وقد تم إعادةإرجاع هذه المرئية حسب نظام ميركاتور المستعرض (UTM) الحزمة 36 شمالا

ب- خريطة طبوغرافية مقياس 1:50000 من إصدار المؤسسة العامة للمساحة العسكرية لعام 1970

ت- تم استخدام مخدّم برنامج (غوغل إرث)للولوج إلى صورة فضائية عالية الدقة Digital Globe للمنطقة باستخدام تطبيق ArcMap , بحيث تمكن أيضا من إمكانية استدعاء معطيات طبوغرافية أخرى ذات فائدة كبيرة عند مقارنتها مع الصور الفضائية ونموذج الارتفاع الرقمي.



الشكل 4: استدعاء بيانات جغرافية مختلفة باستخدام مخدّم شركة غوغل إرث

يمكن تلخيص الآلية المقترحة من خلال مجموعة خطوات هدفها النهائي إعادة بناء خلايا المرئية المحاذية لخط الساحل والتي تحتوي قيمة الارتفاع صفر عن مستوى سطح البحرمع محاولة تحسين قيم الارتفاع في مناطق أخرى من نموذج الارتفاع الرقمي بالاعتماد على نقاط ارتفاع مأخوذة من خريطة طبوغرافية لمنطقة الدراسة بمقياس 1:50000.

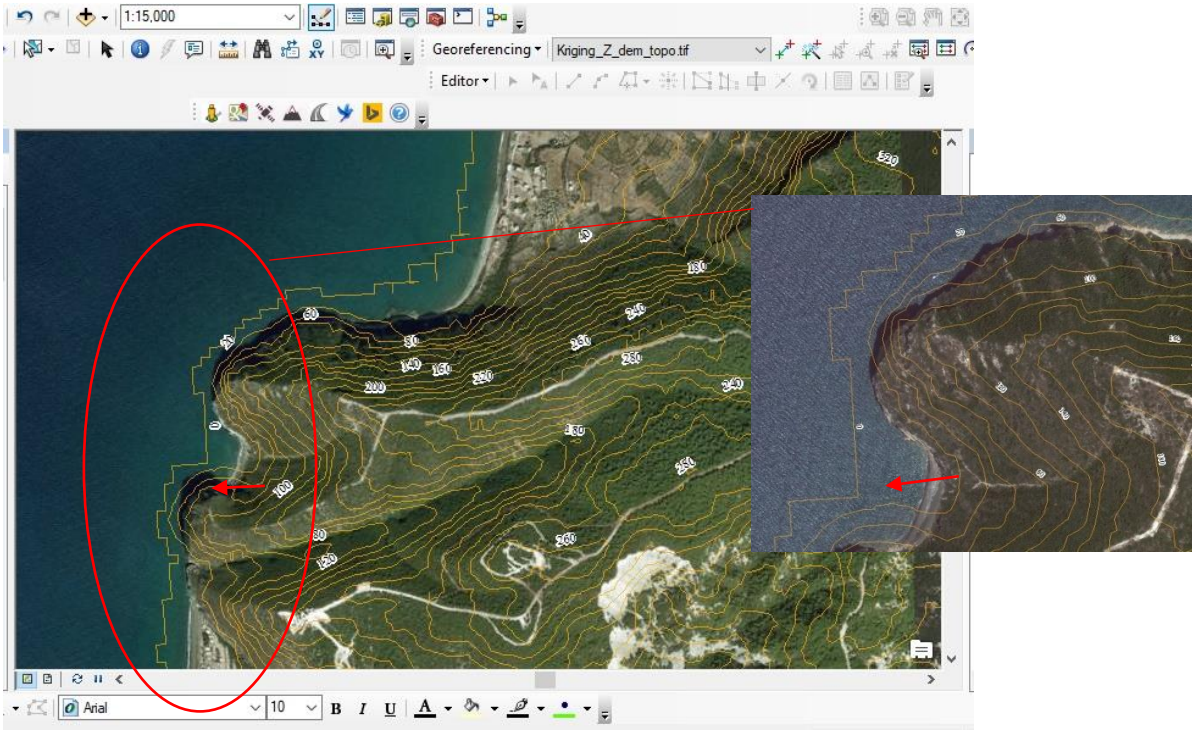
حيث تبدأ بعملية تحويل المرئية من خلايا (صيغة راستر) إلى شبكة من النقاط (فيكتور) بمسافات متساوية تعتمد على الدقة المكانية (XY) للنموذج المستخدم، وهنا يتم توليد نقطة مركزية واحدة لكل خلية ضمن نموذج الارتفاع (بمعنى أخر: نقطة واحدة لكل 30 متر على محوري الطول والعرض) وهنا تكون قيمة النقطة هي قيمة ارتفاع وسط الخلية. ثم تأتي مرحلة التلاعب بقيم النقاط الموازية لخط الساحل وحذف جميع النقاط المتداخلة ضمن المياه البحرية, إلى مرحلة توليد نقاط موازية تماما لخط الساحل بالاعتماد على صورة فضائية عالية الدقة (كمرجع مكاني) ومن ثم تعطى هذه النقاط الساحلية الجديدة قيمة الصفر ليتم دمجها لاحقاً - باستخدام المعالج المكاني - مع شبكة النقاط التي تم توليدها مسبقاً من نموذج الارتفاعومن ثم دمجها مع نقاط ارتفاع مأخوذة من خريطة طبوغرافية مرجعة مكانيا, لتأتي المرحلة الأخيرة وهي إعادة توليد خطوط تسوية أكثر دقة.

الخطوات المقترحة لتحسين المرئية:

1- استخدام النموذج الرقمي لتوليد خطوط تسوية:

تهدف هذه العملية إلى توليد سطح طبوغرافي من خلال مجموعة خطوط تسوية مع فارق رأسي 10- 20متر حيث تختلف قيمة هذا الفارق باختلاف دقة المرئية, في هذا المثالفإن الفارق الموصى به هو 20 متر. ويمكن من خلال عمليات التحسين المقترحة تحسين هذا الفارق ليصل إلى10 متر.

استخدام أداة توليد خطوط التسوية باستخدام 3D analyst tools مع تحديد الفارق الرأسي المتوافق مع دقة المرئية وهو 20 متر.

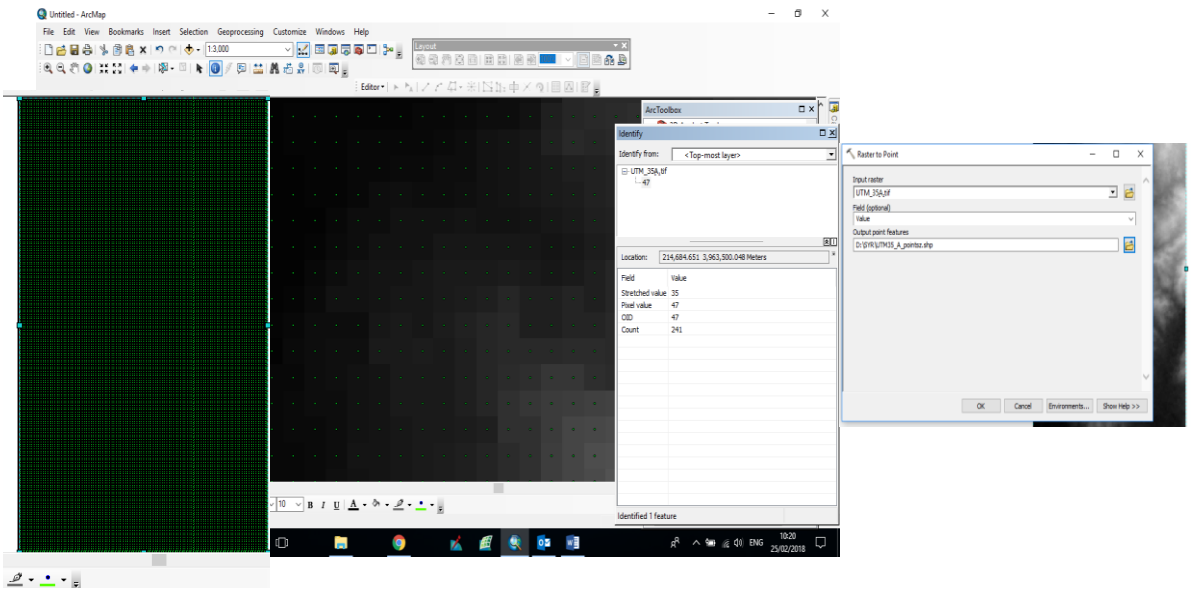


الشكل 6 يظهر خطوط تساوي الارتفاع المولدة من خلال العملية السابقة مع مقارنتها مع الصور المتاحة من خلال موقع غوغل إرث.

وهنا يمكن ملاحظة المشكلة عند توليد هذه البيانات باستخدام معطيات نموذج الارتفاع الرقمي, حيث يتضح التداخل الكبير لخط الارتفاع 0 ضمن المياه البحرية لمسافة تتجاوز 200 متر عن خط الشاطئ (باللون الأحمر), وتزداد قيمة الارتياب هذا, ولخطوط تسوية أخُرى مثال 20-60 متر فوق مستوى سطح البحر, في مناطق بروز صخرية ضخمة كما يظهره الشكل رقم 6. وعليه تأتي الخطوات المبينة أدنا في محاولة لتحسن نموذج الارتفاع و لجعل هذه الخطوط أكثر واقعية ومحاكاة للواقع الطبوغرافي الحقيقي عند توليدها بشكل آلي.

2- عملية التحليل والتحسين للنموذج الرقمي والتي تمر بالمراحل المذكورة أدناه:

أ- تحويل نموذج الارتفاع الرقمي إلى شبكة نقاطبالإضافةإلى شبكة مربعات باستخدام عملية Raster to points و Raster to lines



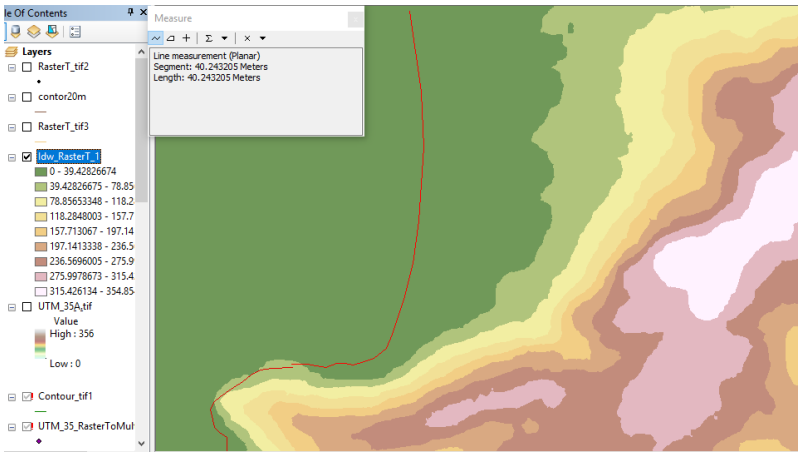
الشكل 7 يظهر شبكة النقاط التي تم توليدها من نموذج الارتفاع الرقمي DEM

ب- مقارنة دقة المرجعية المكانية ومدى مطابقة كل من الصورة الفضائية مع نموذج الارتفاع الرقمي والخريطة الطبوغرافية الرقمية من حيث نسبة الانزياح على محوري الطول والعرض.حيث يظهر الخط الأحمر خط الساحل المأخوذ اعتمادا على الصورة الفضائية Quick Bird 60cm (اليسار)، أما شبكة المربعات فهي تظهر مقدار انزياح خط الساحل وفقا لنموذج الارتفاع الرقمي (الوسط), أماالخريطة الطبوغرافية (اليمين) فتظهر المشكلة من خلال إظهار تفاوت خط الشاطئ وفقاً للمعطيات الثلاثة الآنفة الذكر.

الشكل 8 مقارنة الخط الشاطئ لمنطقة أم الطيور وفقاً للصور الفضائية ونموذج الارتفاع الرقمي، ومعطيات الخريطة الطبوغرافية

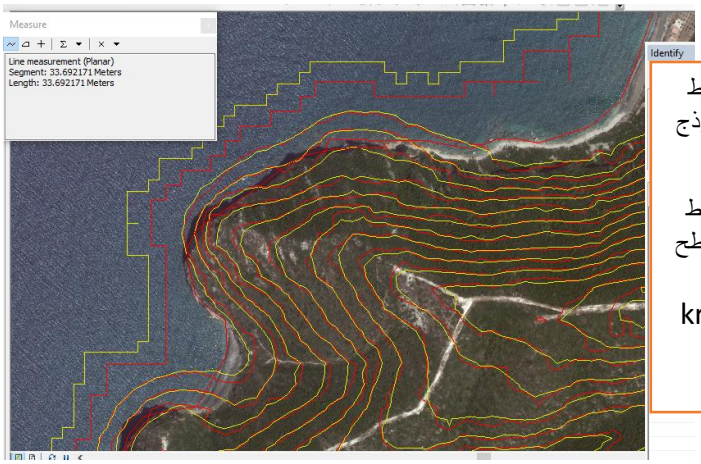
ت- استخدام عمليات توليد السطوح وفقاً لمنهجية kriging التي تعتمد منهجية إحصائية مكانية تقوم من خلالها بقراءة عامل الارتباط المكاني للنقاطالمتجاورة والداخلة بعملية القياس (من حيث المسافة و الارتفاع)بغية توليد سطح مستمر، وهنا المدخل هوشبكة النقاط المعلومة التي تم توليدها من بيانات نموذج الارتفاع

الرقمي.أما الغرض فهو مقارنة نتاج هذه الطريقة مع النتائج الأولية لخطوط تسوية المولدة من نموذج الارتفاع الرقمي غير المحسن.



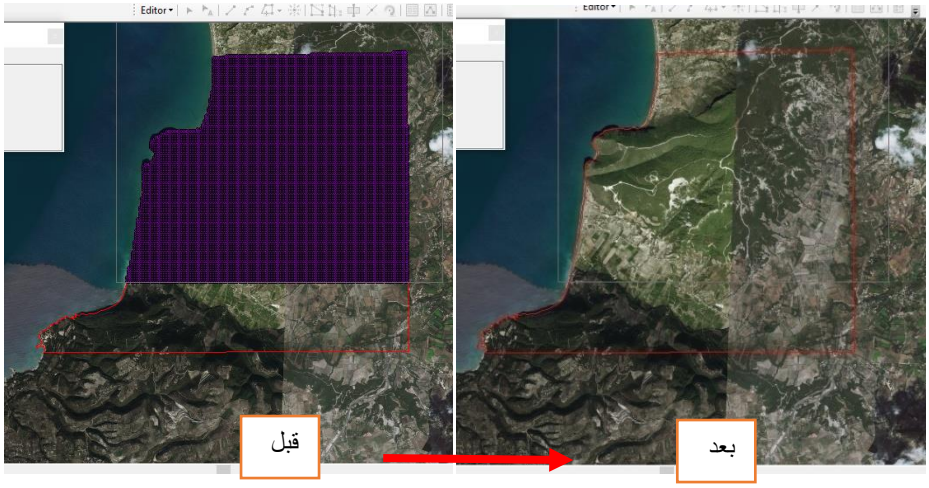
الشكل – 9 – الكنتورات المولدة بطريقة (kriging) من شريحة نقط الارتفاع.

ث - إعادة إنتاج خطوط تسوية بغرض مقارنتها مع خطوط التسوية التي تم توليدها مباشرة من نموذج الارتفاع (الخطورة رقم ١) كما هو موضح بالشكل رقم 10. حيث يتضح ان هذا الإجراء لم يعمل على تحسين النتيجة كما هو متوقع وهذا يتطلب خطوات إضافية (ما يلي) للوصول إلى التحسين المطلوب.



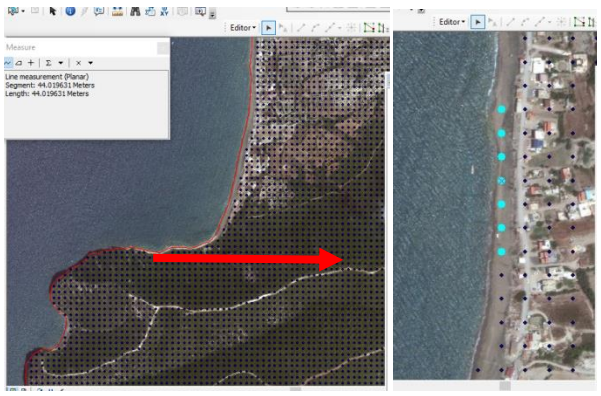
الشكل 10عملية توليد السطوح وفقا لشبكة نقاط الارتفاع المستخرجة من نموذج الارتفاع الرقمي (ت) و بالاعتماد على (1).

ث- رسم خط الساحل والمناطق المجاورة من اليابسة بشكل دقيق اعتمادا على الصورة الفضائية حيث سيتم اقتطاع النقاط اعتمادا على هذا الرسم. من ثم تستخدم أداة الاقتطاع لحذف جمع النقاط (المولدة من الخطوة رقم أ) الخارجة عن حدود هذا الرسم وبهذه الحالة يتم التخلص تلقائيا من جميع النقاط الواقعة والمتداخلة في البحر كما هو واضح في الشكل 11



الشكل 11عملية اقتطاع النقاط الواقعة في البحر.

ج- ثم تأتي عملية حذف جميع النقاط الواقعة على خط الشاطئ أو المتداخلة في البحر (يدوياً) بغية التخلص من شذوذات الارتفاع على طول خط الشاطئ.

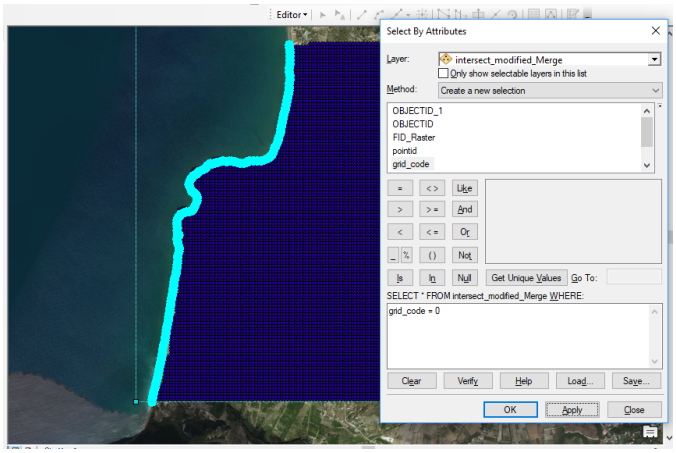


الشكل 12 يمثل عملية التخلص من نقاط الارتفاع الشاذة على خط الساحل.

ح- تليها مباشرة عملية توليد مجموعة من النقاط(بشكل آلي) بمسافة متساوية ومتطابقة لدقة خلية المرئية على طول خط الشاطئ الذي تم رسمه يدويا وبدقة بالاعتماد على الصورة الفضائية (الخطوة ج) من خلال استخدام عملية feature to points كما يوضحه الشكل 13.

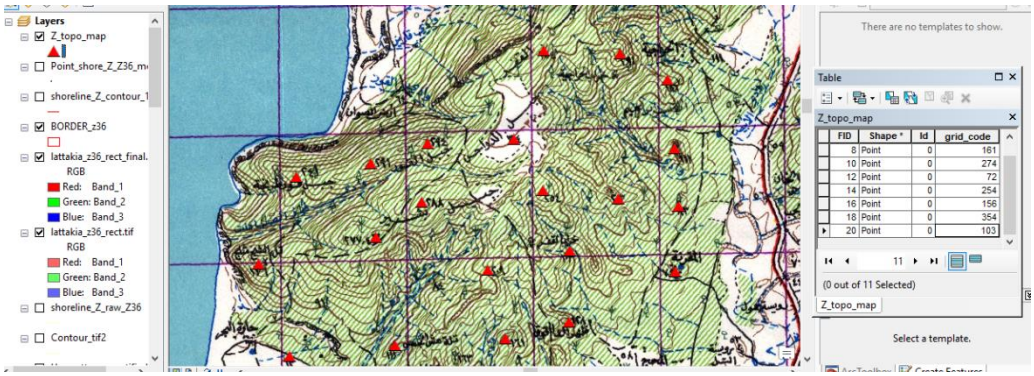
الشكل 13 توليد نقاط خط الساحل.

خ- لابد من دمج هذه النقاط الجديدة (والتي ستأخذ القيمة صفر) مع النقاط المعدلة (وفق الخطوة ح) الشكل 14.



الشكل 14 شبكة النقاط المعدلة المستخرجة من نموذج الارتفاع الرقمي وبصورتها النهائية.

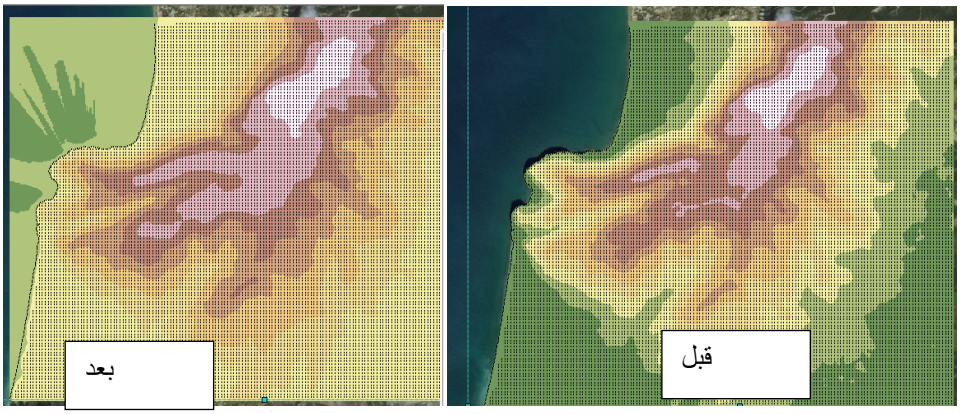
د- وبما أن الهدف التالي هو مقارنة دقة المخرجات مع الخرائط الطبوغرافية المتوفرة فإن استخدام نقاط ارتفاع إضافية مأخوذة من خريطة طبوغرافية مرجعة مكانياً قد يكون له دور ايجابي في زيادة الدقة المرجوة, لكن يجب الأخذ بعين الاعتبار عوامل أخرى قد تقلل من موثوقية هذه المقارنة: إما بسبب اختلاف الطرق الرياضية المتبعة ما بين هذا النوع من البيانات مقارنة بنماذج الارتفاعات الرقمية, أو قد يعود الى عامل المقياس المتوسط نسبيا لهذه الخرائط وما يشوبه من عامل ارتياب مكاني ناتج عنإجراء عملية التصحيح الهندسي في نظام المعلومات الجغرافية حيث ان الخطأ في ما مقداره 1 ملم على الخريطة يعادله انزياح بمقدار 50 متر على الطبيعة على أقل تقدير. لذا تم ترقيم نقاط الارتفاع الظاهرة على الخريطة كما هو ظاهر في الشكل رقم 15 ومن ثم تم دمج هذه النقاط مع النقاط المولدة من نموذج الارتفاع الرقمي المتاح والتي تحتوي أيضا نقاط خط الشاطئ الذي تم الحصول عليها من خلال الخطوة (خ).



الشكل 15 شبكة نقاط الارتفاع المستخرجة من الخريطة الطبوغرافية

ذ- تأتي الآن المرحلة الأهم وهي توليد سطح جديد (أو ما نطلق عليه هنا المرئية المحسنة), حيث يتم تحويل النقاط المحسنة الارتفاع من شبكة نقطية (فيكتور) إلى صورة رقمية (راستر) بخلايا ذات دقة رأسية أفضل. استخدمت هنا أداة points to raster وتم اعتماد طريقة kriging surface نظرا لنتيجتها الأفضل في توليد خطوط تسوية محاكيه للواقع في المنطقة المختارة.

ر- يلاحظ وجود بعض الشذوذات كقيم سالبة في عرض البحر لذا يمكن استبعاد هذه الشذوذات من خلال عملية إعادة التصنيف واستثناء غير المرغوب منها. والنتيجة سطح خالٍ من الفروقات الشاذة.



الشكل 16 السطح المحسن وفقا للطريقة المذكورة أعلاه مع توضيح الفارق ما قبل عملية التحسن.

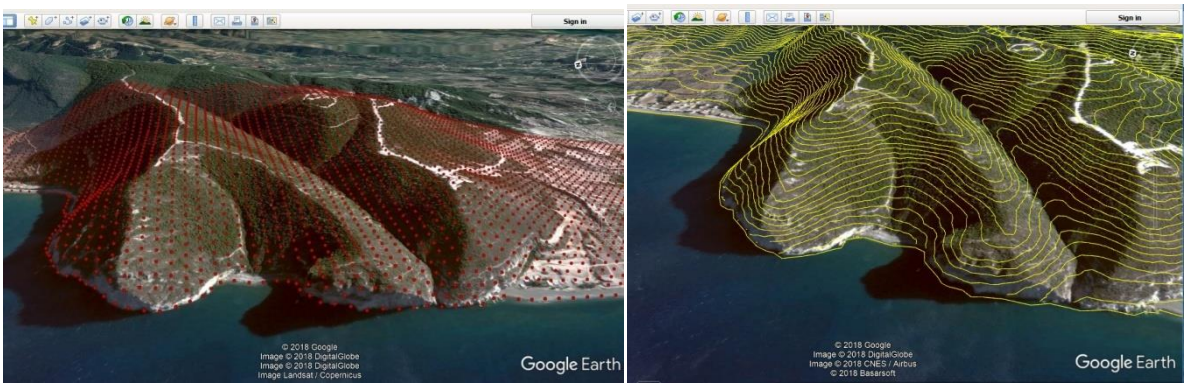
ز- والنتيجة النهائية خطوط تسوية محسنة ودقيقة مطابقة لطبوغرافية المنطقة, والتي يمكن التحقق منها من خلال النظر للصور الفضائية.

س- عملية إزالة وتنعيم الحواف لخطوط التسوية باستخدام أداة smooth line

الشكل 17 خطوط التسوية المحسنة

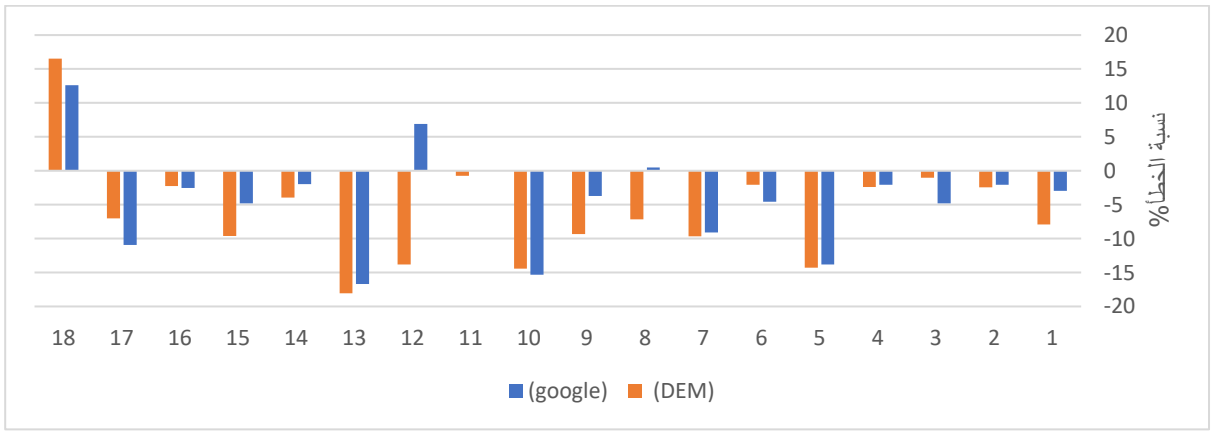
التقييم

إتباع الخطوات السابقة أدى إلى تحسين الدقة الرأسية لنموذج الارتفاع الرقمي, وعلى الرغم من محدودية نتائجها في المناطق ذات الارتفاع الأكثر إلا أنها تبقى طريقة مرضية النتائج في المناطق المحاذية لخط الساحل حيث موضع الاهتمام كما يظهره الشكل 18 لكن يجب الأخذ بالحسبان أيضاً عامل الخطأ الأفقي المتعلق بالمرئية الرادارية والتي تؤثر على دقة النتيجة النهائية



الشكل 18 تحسين قيمة خط الشاطئ وفقا للطريقة المقترحة (الأرقام بالأسود قبل التحسين وبالأحمر بعده).

يظهر الشكل التالي مقارنة نسبة الخطأ الناتجة عن توليد قيم الارتفاع لمجموعة مختارة من النقاط التي أخذت من الخريطة الطبوغرافية للمنطقة الشكل 15 (باستثناء نقاط خط الساحل) حسب نموذج الارتفاع الرقمي و غوغل إرث



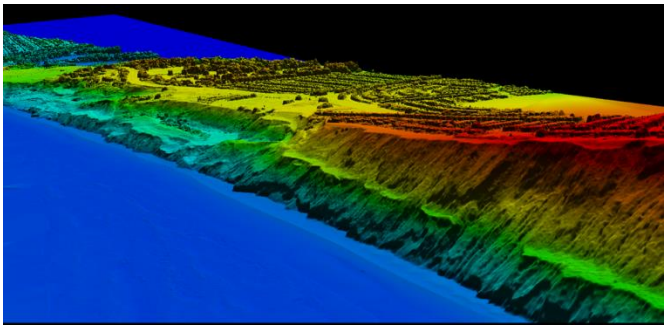
الشكل 19 مقارنة نسبة الخطأ الناتجة من توليد قيم ارتفاع وفق للمصادر المتوفرة غوغل إرث و نموذج الارتفاع الرقمي وفقا لمرجعية الخرائط الطبوغرافية مقياس 1:50000

الخلاصة

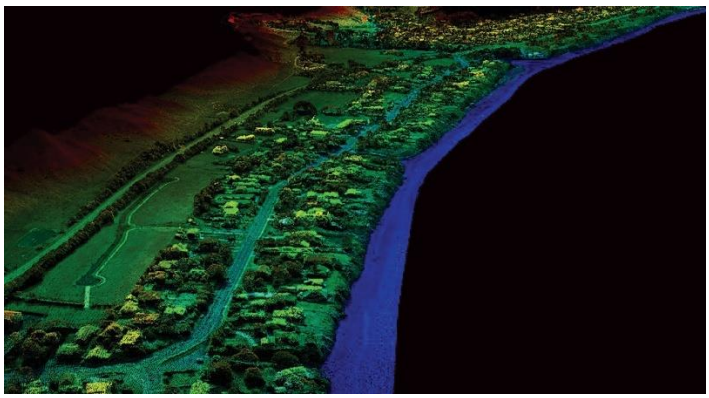
نستطيع الاستنتاج بأنه عند استخدام بيانات الارتفاع المستخرجة من نماذج الارتفاع الرقمية يجب توخي الحذر وبخاصة عند توظيفها في مشاريع متعلقة بالإنشاءات الهندسية والقياسات الطبوغرافية الدقيقة من مستوى دقتها في إظهار الارتفاعات، حيث أثبتت المقارنات التي أجريناها في هذا السياق نسبة الخطأ المتغيرة طبوغرافيا ما يؤدي إلى صعوبة الوصول إلى نموذج رياضي دقيقلتصحيح هذه النسبة بالاعتماد على الطرق التقليدية فقط. لذلكفإن استخدام نقاط تحكم أرضية مأخوذة من خلال أجهزة نظام تحديد مواقع تفاضلية ربما تعد الوسيلة الأنجع لتقدير نسبة الخطأ الأفقي و الشاقولي بدقة وبالتالي إمكانية استخدامها كمصدر أكثر وثوقية لتحسين مخرجات النماذج المتوفرة.

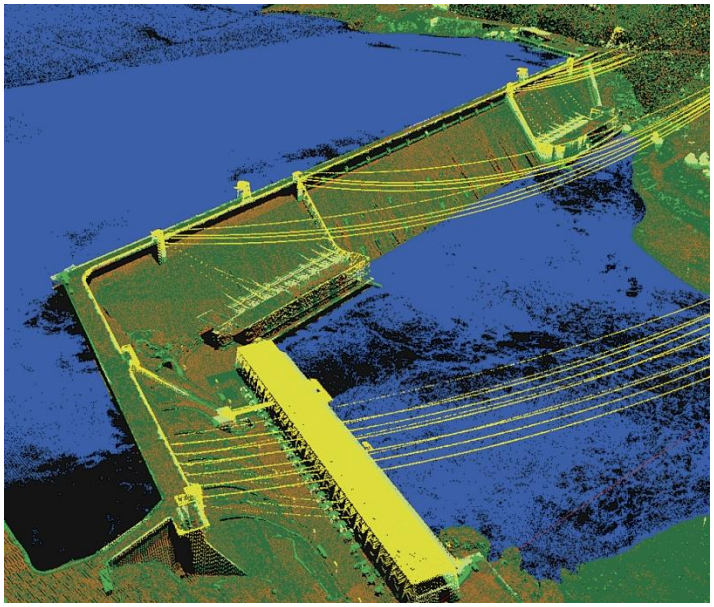
أما البديل الأمثل فهو استخدام تقنيات استشعارية متطورة للحصول على نماذج ارتفاع رقمية عالية الدقة والوثوقية وأهمها تقنية الماسح الضوئي الاستشعاري (Light Detection and Ranging - LiDAR) الذي يولد سطوح طبوغرافية بدقة سنتمترات, والذي يشابه بمبدأ عمله طريقة الرادار مع فرق التقنية حيث يعتمد مبدأ إرسال حزم ضوئية (ليزر) بدلا من إرسال أمواج راديوية. لهذا الجهاز القدرة على قراءة حتى 200 ألف ومضة في الثانية الواحدة والتي تخزن بدورها على شكل نقاط سحابية أو ما تدعى (Cloud Points) متضمنة معلومات مكانية ووصفية متعددة تسمح بعملية تصنيفها لاحقا لإنتاج نماذج سطوح رقمية DSMs وصور جوية عالية الدقة 5-10 سم. يمكن استخدام هذه التقنية في إنتاج بيانات طبوغرافية دقيقة جدا للمناطق الساحلية وبالتالي إمكانية تحديث الخرائط الطبوغرافية القديمة أو حتى إعادة رسم خرائط جديدة كليا (نرفق بعض الأمثلة لاستخدام هذه التقنية في تطبيقات مسح الشواطئ).

وفي الحقيقة يمكن أن يدخل استخدام مثل هذه التقنية في جميع المجالات، وبخاصة في تطبيقات البنى التحتية وبالتالي تعتبر الوسيلة الأكثر فاعلية في تخريط كافة العناصر الأرضية ويخدم القطاعات العمرانية أيضاً، مما يساعد في تقدير حجم الدمار، وتقدير تكلفة إعادة التهيئة في المناطق المتضررة في سورية كنموذج لمتغيرات سريعة طرأت خلال سنوات الحرب.



تقنية الحزم الليزرية المصدر :NOAA





الصور السابقة اعتمدت على تقنية الحزم الليزرية المصدر :Esri

المصادر:

- El-Ashmawy (2016) Investigation Of The Accuracy Of Google Earth Elevation Data. Artificial Satellites, Vol. 51, No. 3 – 2016 Doi: 10.1515/Arsa-2016-0008
- Google Earth Engine API
- https://earthexplorer.usgs.gov
- Https://Lta.Cr.Usgs.Gov/Products_Overview
- http://www.zonums.com/library/online/elevsource.html
- National Oceanic And Atmospheric Administration (Noaa) Coastal Services Center. 2012. “Lidar 101: An Introduction To Lidar Technology, Data, And Applications.” Revised. Charleston, Sc: Noaa Coastal Services Center.
- المؤسسة العامة للمساحة بدمشق ، الخريطة الطبوغرافية 1:50000، رقعة اللاذقية 1970

الخصائص الجيومورفومترية لكهوف قضاء دهوك
دراسة في البيئة الكارستية

أ.د. أحمد علي حسن البيواتي
كلية العلوم الإنسانية ـ جامعة دهوك

المقدمة

تشكل الكهوف إحدى أهم الظاهرات الجيومورفولوجية (الناتجة عن عملية التكهف أو الذوبان في الصخور الجيرية والكلسية) سواء من حيث مراحل نشوئه والأشكال المرتبة بها أومن خلال أهميته ودوره في المجالات المختلفة قديماً وحديثا، والى وقت قريب لم يقف الباحثونعلى دراسة الكهوف بشكل واسع تبعا لصعوبة الوصول إليها، إذ أن معظمها ترتبط بالبيئات الجبلية وهي في أغلبها إما خالية السكان أو لوعورتها وتراكم الثلوج قد تكون من الامور التي كانت تقف حائلاً (والى الوقت الحاضر) أمام الباحثين في دراستها.

لا تقتصر أهمية الكهوف على اعتباره مظهراً جيومورفولوجيا فحسب، وإنما تكمن أهميتها في أن معظم الحضارات القديمة دونت الرموز والكتابات في الكثير من هذه الكهوف كما أن للبعض منها شواهد تاريخية لسنا في مجال الخوض فيها. ومما يضيف لأهميته اعتباره أول مسكن للإنسان في بداية النشوء الحضاري الإنسانيومنها توجه إلى السهل بعد ظهور الزراعة. وانطلاقا من هذه الأهمية جاءت هذه الدراسة للوقوف على الخصائص الشكلية وظاهراتها الجيومورفولوجية وتبايناتها المكانية في قضاء دهوك، فضلا عن عدم وجود دراسات متعمقة في هذا المجال سواء على الصعيد الجغرافي أو الجيوموفولوجي باستثناء بعض الدراسات التاريخية على بعض من الكهوف التي أبرزت شواهد تاريخية ك (كهوف جارستين، هلمت، درمانا، وحودين كرى).

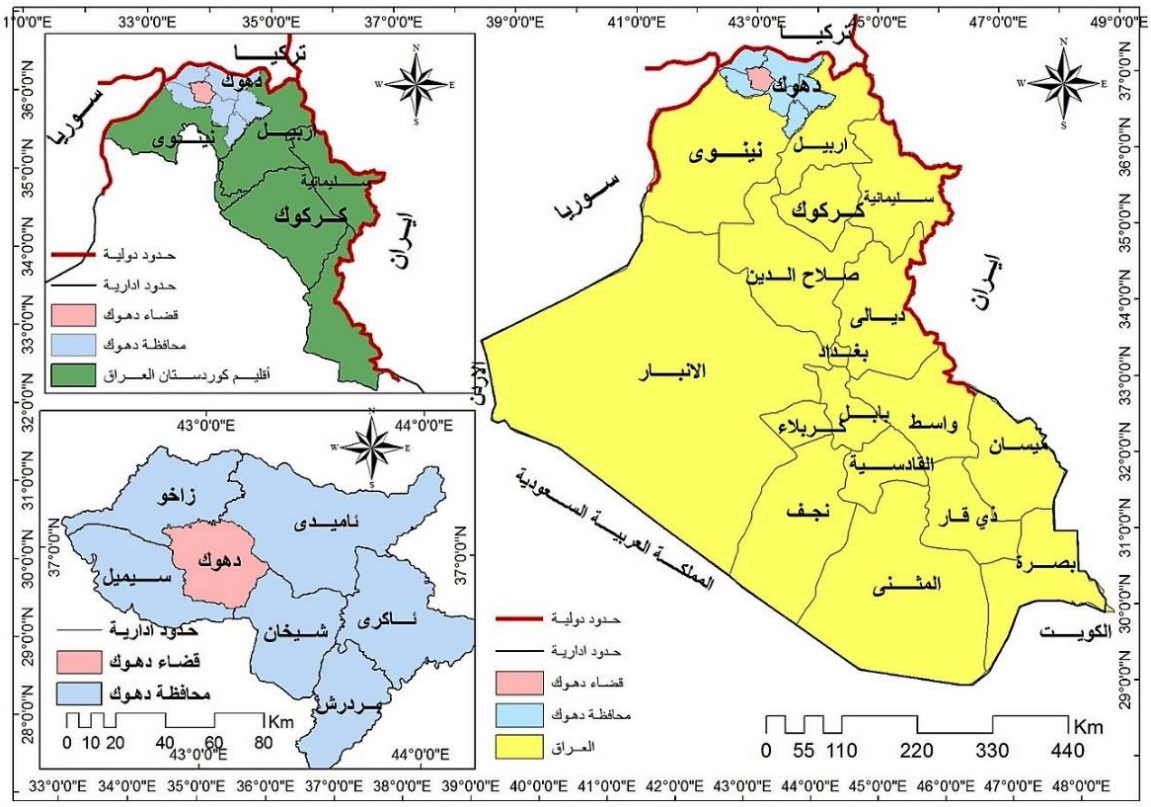
اهداف الدراسة: تهدف الدراسة الحالية إلى تحقيق الاتي: -

1. معرفة العوامل المسؤولة عن نشوءالكهوف.
2. الخصائص الشكلية للكهوف.
3. التباين المكانيلكهوف المنطقة على مستوى الوحدة الإدارية (الناحية).
4. المظاهر الأرضية المرتبطة بها.
5. معرفة مجالات استثمارها.

حدود البحث: -

قضاء دهوك بمساحتهاالتي تقدر (1045)كيلومترا مربعا(**المجموعة الإحصائية ص29**) هي إحدى الاقضية التابعة لمحافظة دهوك، وتسمى بقضاء المركز كذلك. وتتحد حدودها جغرافيا بالحدود الإدارية لقضاء سيميل من الغرب والجنوب الغربي وقضاء زاخو من جهة شمال والشمال الغربي وقضاء العمادية من شمال والشمال الشرقي وقضاء شيخان من الشرق، وتضاريسيا تتحدد حدوده الجنوبية بجبل زاوه وشرقاً بجبل إتيت وامتداداتها وبجبل مانكيش شمالاً ونهر الخابور من الشمال والشمال الغربي، واحداثيا تتحد بدائرتي عرض (37˚07´08 - 36˚ 47´05) شمالا وخطي طول (42˚33´48 - 43˚18 00)شرقا، الخريطة (1).

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة



- بالاعتماد على DEM المنطقة، ومخرجات برنامج Arc GIS

مشكلة الدراسة: -

تعد الكهوف من الظاهرات الارضية البارزة في البيئات الجبلية والتي تتصف بصعوبة الوصول إليها لارتباطها على الاغلب بالمناطق المعقدة تركيبيا وذات الارتفاعات العالية والمنحدرات الشديدة، فضلاً عن التخوف احياناً من الدخولفي مثل هذه البيئات، مما انعكس سلباً على التعرف عليها، حتى أن كثيراً منها غير مكتشفة ويتطلب جهوداً وتقنيات بهدف رسم خرائط لها، والتعرف على تاريخها الجيولوجي أو الحضاري**(البيواتي ص 198).**

منهجية الدراسة: -

طبيعة الدراسة أفرزت اعتماد المنهجين الموضوعي والكمي ومستعينا بالعمل الميداني، للوصول الى اهداف الدراسة.

الية العمل:-

- إعداد استمارة استبيان خاصة لجمع المعلومات عن الكهوف.
- القيام بالدراسة الميدانية وفق المقابلات الشخصية لبعض الرواد المعمرين لسهولة الوصول إلى مواقع الكهوف.
- إعداد جدول خاص بأعداد الكهوف وخصائصها العامة وتحليلها وفق بيانات الاستبيان.

-توزيع المعلومات البينات من الخطوات السابقة إلى مباحث،تناول المبحث الأول منهماأصل ونشأة الكهوف والعوامل المسؤولة عنها، اما المبحث الثاني فاهتم الخصائص الشكلية للكهوف، فيما ركز المبحث الأخير على دراسة المظاهر الجيومورفولوجية للكهوف ومجالات استخدامها، وانتهت الدراسة ببعض الاستنتاجات والتوصيات.

1-0 العوامل الطبيعية وطرقتكون الكهوف:

وهي دهاليز طبيعية تمتد أسفل امتدادا أفقيا وراسيا وتنشا عن حركة المياه خلال الفواصلوالشقوق وسطوح الانفصال الطبقي**(جودة ص21)**. الكهوف ممرات باطنية طبيعية تحت سطحية، تتطور بفعل نفاذ المياه السطحية الى جوف الارض عبر مناطق الضعف المتواجدة في الصخور الكلسية و الجبسية (John.p.8)تمثل الكهوف فوهات جوفية مملوءة بالهواء نشأت بفعل حركة المياه سابقاً على الصخور مما أدت إلى إذابة الصخور على مدى فترة زمنية طويلة وتكوين فتحات وأنفاق داخل الأرض ، وهذه الأنفاق غالباً ما تكون متصلة ببعضها تبعاً لكيفية تسرب المياه عبر الصخور على طول الفوالق والشقوق وصولاً إلى منسوب الماء الباطني تحت سطح الأرض ، تتواجد الكهوف على مستويات متعددة وقد يكون نظام الكهف الداخلي بسيطا او معقدا بحيث يضم عددا من الممرات والقاعات والفجوات الداخلية ومنها قد تكون جافة وقدتحوي على المياه بشكل مؤقت او دائمي(Williams.p.4).

1-1 العوامل الطبيعية المسؤولة عن تكون الكهوف:

تعتمد تكون الكهوف على مجموعة عوامل طبيعية لابد من توفرها وأبرزهاالاتي: -

1-1-1 الطبيعة الصخرية:

تبرز وجود ظاهرة التكهف والتجاويف في البيئات ذات الصخور الجيرية والجبسية وفي الصخور التي تحتوي على نسبة عالية من المعادن كربوناتالكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم لقدرة الماء على إذابة تلك الأملاح مما يحدث تجاويف في الصخور لتنمو وتتطور مكونة كهوفاً بارزة، كما لا يقتصر دور طبيعة الصخور على نوعيته فحسب وإنما على درجة مساميته ونفاذيتهومقاومته، وتمثل الصخور الجيرية العائدة لتكوين بيلاسبي البيئة المناسبة لتكون الكهوف، اذ ان معظم كهوف قضاء دهوك ترتبط بالصخور الجيرية في طيات (زاوة، طلوة، مانكيش)المحدبة، الخريطة (2).

أ- سمك الصخور:

لا يقتصر تواجد وانتشار الكهوف على طبيعة الصخور فحسب وإنما يلعب سمك الطبقات الصخرية دوراً بارزاً في بروز حالة التكهف لتطور إلى كهوف كبيرة مكونة بذلك مظاهراً كارستية بارزة وإن معظم الكهوف الكبيرة ترتبط بمناطق الصخور ذات السمك الكبير.

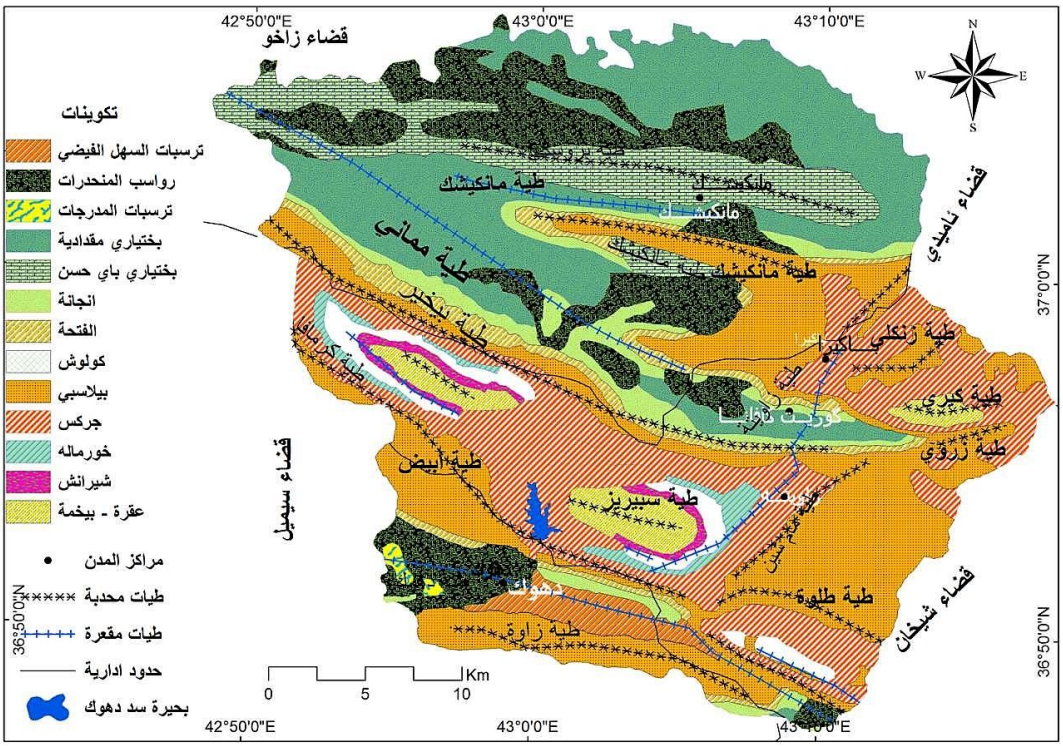
ففي منطقة الدراسة تصل سمك الصخور الجيرية Limestone الى(400) متر.**(المسح الجيولوجي ص1).**

ب ـ الشقوق والفواصل وسطوح التطبيق

من العوامل المساعدة والمسرعة في زيادة احتكاك مياه مع الصخور مما يسهم ذلك في مناطق التواجد بانتشار الكهوف لذا نجد إن معظم الكهوف في العالم مرتبطة بالصخور الرسوبية لارتباط تلك الصفات بها، وتساعد كل من فتحات الشقوق والصدوع والمفاصل والفوالق والحدود الفاصلة بين الطبقات على تسهيل فعل التجوية الكيميائية وتحليل معادن الصخر طول هذه المناطق الصعبة جيولوجيا،وتتمثل ذلك في معظم صخور كهوف المنطقة، كما في كهف (سي طركا)في السفح الجنوبي لجبل زاوة.

وجدير بالقول هنا ان الفتحات الواسعة للشقوق تسهم على سرعة التسرب المائي وتغلغلها في جوف الصخور، أما إذا تسربت المياه في الصخور العظيمة المسام وخالية من الشقوق فتتحرك المياه في كل أجزاء كتلة الصخر دون أن تتجمع أو تتركز على طول أسطح الصدوع أو الفواصل،يقلل ذلك من فعل التجوية الكيميائية وتأكل أجزاء الصخر.

الخريطة (2) جيولوجية قضاء دهوك



عن شمال محمد امين، تعرية التربة في قضاء دهوك، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية العلوم الإنسانية، جامعة دهوك، 2016، ص27. بالاعتماد على:

-GEOLOGICAL MAP OF AL – MOSUL QUADRANGLE, SHEET NJ – 38 – 13, Bagdad, Iraq,2007.

-GEOLOGICAL MAP OF ZAKHO QUADRANGLE, SHEET NJ – 38 – 9, Bagdad, Iraq, 200.

3-1-1 المياه:

نؤكد على أهميته سواء اكانت المياه السطحية أو الجوفية ولكل منهما دوره المؤثر في تجوية الصخور بفعل عامل الاحتكاك أو من خلال فاعلية الإذابة بعد اتحاده (الماء) مع ثاني أوكسيد الكربون لتكون محاليل يزيد من قدرة المياه على الذوبان.

1-1-4 الغازات:

وفي مقدمتها غاز ثاني أوكسيد الكاربون المذاب في المياه سواء اكان مكتسبا من الجو او من التربة ويساعد ذلك على تحلل الطبقات الجيرية وبخاصة في المناطق الرطبة الغزيرة الامطار بفعل عمليات التجوية الكيميائية السريعة **(أبو العينين، ص512).**

وقبل ان ننهي هذا الجانب نشير الى عوامل أخرى تسرع في عملية التكهف منها الحيوانات وجذور النباتات فضلاً عن الحيوانات المجهرية.

1-2 طرق تكون الكهوف:

تتكون الكهوف بطرق مختلفة أهمها:

أ- بفعل الاذابة:

تتكون الكهوف في الصخور القابلة للذوبان في الماء لا سيما إذا كان محتوياً على ثاني أوكسيد الكربون وكذلك عند تساقط المطر الذي يسبح به من الجو والمادة العضوية المتحللة في التربة وعند مرور الماء المحمل بكميات كبيرة من ثاني أوكسيد الكربون على الحجر الجيري فإنه سيذيبه ويعمل على تكبير فجوات الصخرية حتى تغدو ممرات تطور وتفضي إلى امتداد كهوف كبيرة **(أبو العينين، ص509).**

ب - بفعل قوة الاحتكاك:

فقد تتكون الكثير منها بفعل ضرب موجات البحر المستمرة للصخور. وقد يلعب الضعف الجيولوجي دورة في تكوينها مثل الطبقية (Stratification) والفواصل والصدوع إلى جانب عمليات التعرية البحرية**(محسوب، ص258)**.

ت - بفعل المجاري المائية القديمة:

ويظهر بعض الكهوف تحت سطح الأرض وهذه في العادة مجاري قديمة للجداول المائية تحت الأرض. تتكون أغلب هذه الكهوف نتيجة ذوبان الصخور بواسطة المياه الجوفية التي تتجمع بعد سقوط الامطار مكونة أودية وأنهار تحت الارض**.(أبو العينين، ص516).** وتتكون أنواع أخرى نسبة إلى تغير الذي تحدثه البراكين في الصخور السطحية أو نتيجة ثورة الحمم الحارة**(أبو العينين، ص516).**

2-0الخصائص الشكلية والمساحية لكهوف منطقة الدراسة:

تتناول هذا المبحث على دراسة الخصائص الشكلية والمساحية والتي هي انعكاس لطبيعة العوامل المسؤولة عن نشوء الكهوف لذا نلاحظ وجود تباينات في تلك الخصائص والتي تم التطرق اليها في المبحث الاول، وقبل الدخول في تلك الخصائص، نشير الى ان عدد الكهوف التي شملتها الدراسةبلغ (39)كهفاً موزعة على سطح منطقة الدراسة، الجدول (1) والشكل (1) وجاءت

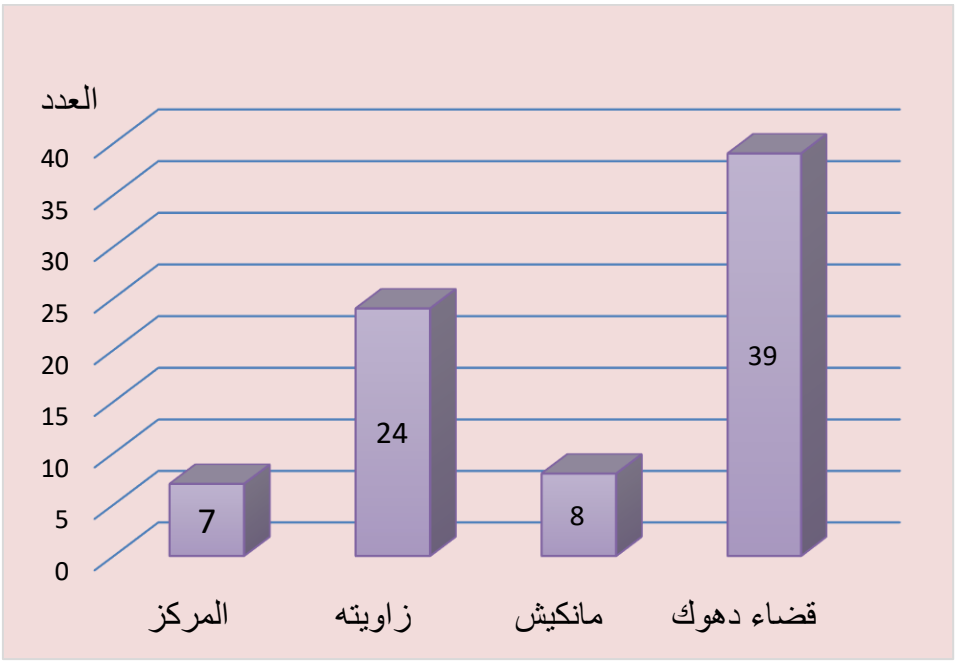
(7) منها في ناحية المركز، الخريطة(3) و(24)كهفا في ناحية زاويته،الخريطة(4) و(8) كهوف في ناحية مانكيش، الخريطة(5).

جدول(1) كهوف قضاء دهوك وفق العدد والناحية

الناحية	العدد	من المجموع%
المركز	7	17.95
زاويته	24	61.54
مانكيش	8	20.51
قضاء دهوك	39	100.00

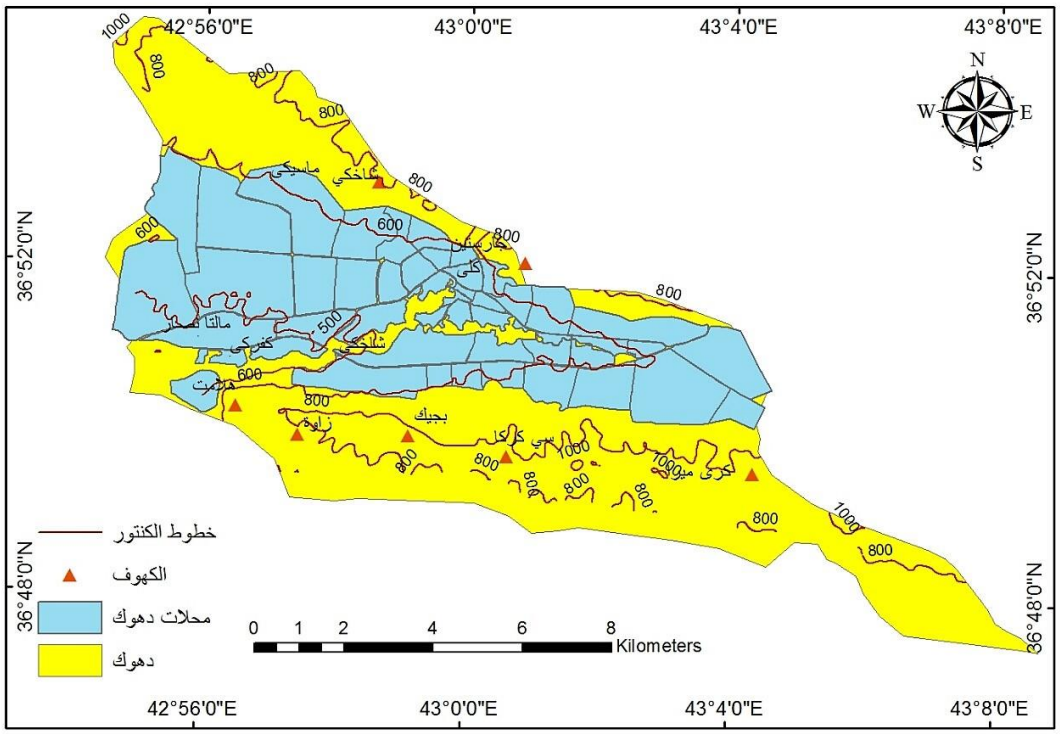
اعتمادا على الملحق (1).

شكل (1) كهوف قضاء دهوك وفق العدد والناحية



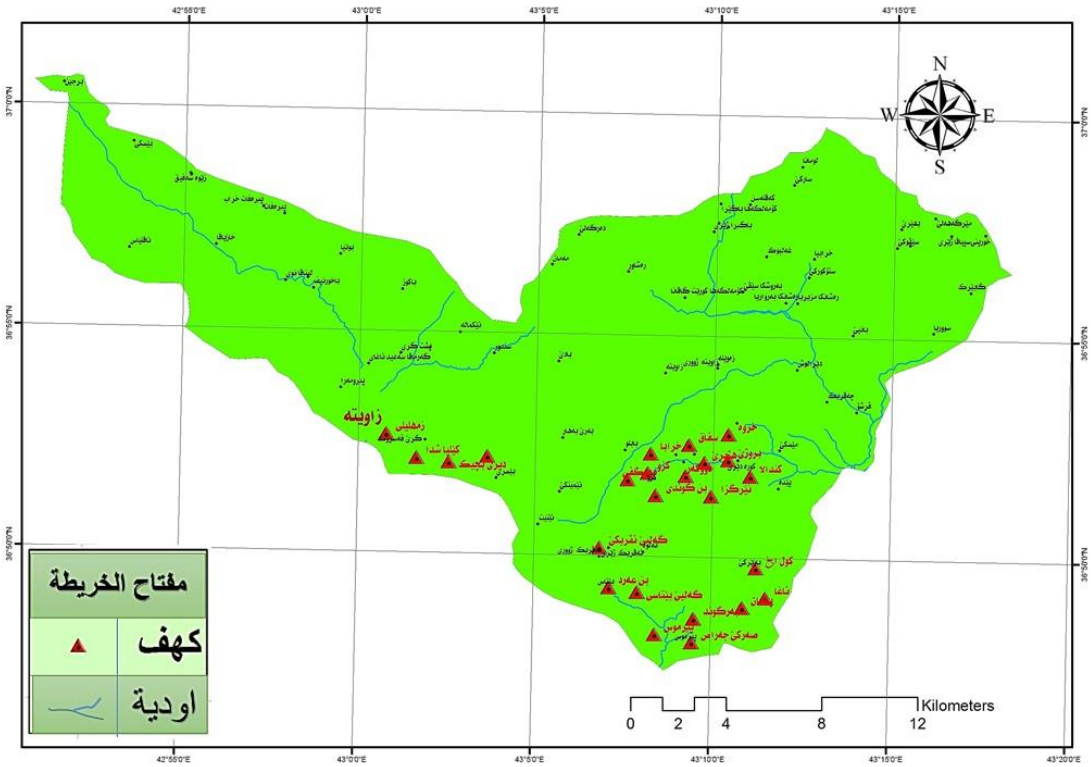
ـ اعتمادا على الجدول (1).

خريطة(3) كهوف قضاء دهوك (ناحية المركز)



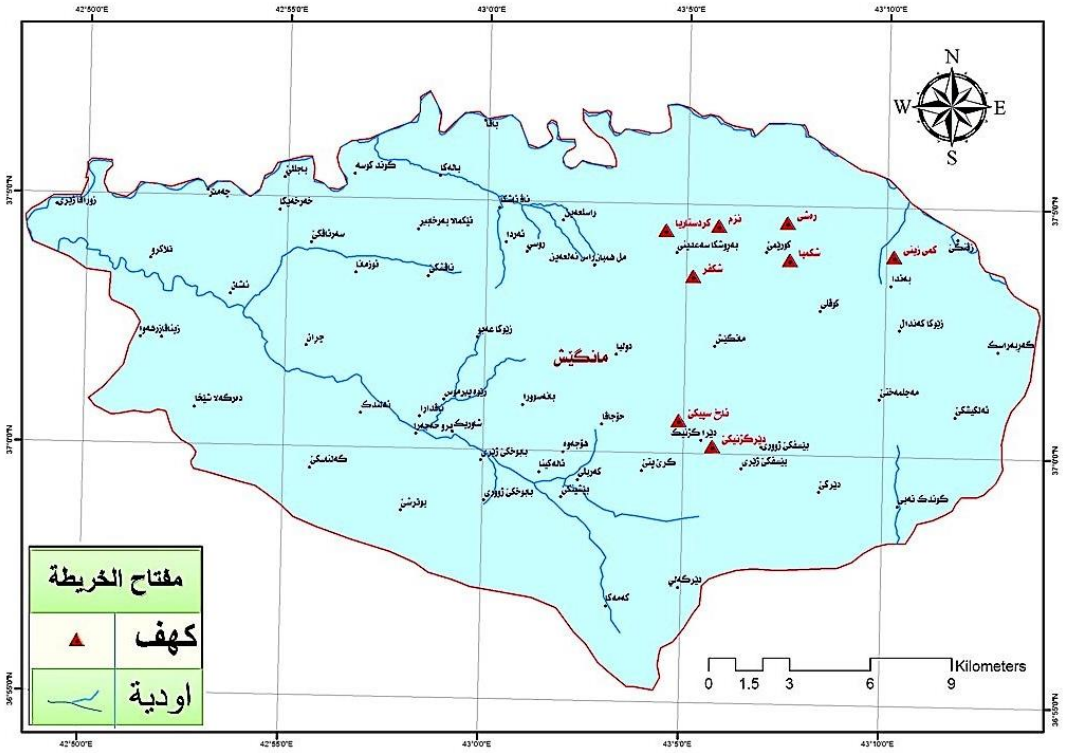
اعتمادا على الدراسة الميدانية.

خريطة(4) كهوف قضاء دهوك (ناحية زاويته)



اعتمادا على الدراسة الميدانية.

خريطة (5) كهوف قضاء دهوك (ناحية مانكيش).



اعتمادا على الدراسة الميدانية.

2- 1الخصائص العامة:

1- ان معظم الكهوف تتركز في ناحية زاويته اذ بلغ عددها (24) كهفا مكونة ما نسبته (61.54%)من مجموع اعداد الكهوف المدروسة، تليها ناحية مانكيش ب(8)كهوف، واقلها في ناحية المركز بواقع(7)كهوف مكونة ما نسبته(17.95)كهفا.

2- تتراوح مساحات الكهوف مابين(366م^2) لكهف(كَري ميرا) في(إتيت) كأكبر مساحة وفيما اقلها كانت(5,106م^2) لكهف (كون أخ) في قرية(بازيركي) تابعة لناحية(زاويته).

3- تتباين اطول الكهوف مابين(20م) لكهف (كَري ميرا) واقلها (1,20م) لكهف (بروزي) في قرية(خروة) في ناحية زاويته فيماتراوحت عرضها بين (32م) لكهف(تَمر) في قرية (بروشكا سعدي) كأكبر عرض (1,48م) لكهف(كون أخ) في قرية(بازيركي) كأقل عرض.

4- تراوحت ارتفاعات مدخل الكهوف في منطقة الدراسة مابين(8,49م) لكهف(كري ميرا) وأقلها(85سم) في كهف(كيليا شدا) في قرية(كرى قسروك).

5- يغلب على قاع معظم تلك الكهوف الرواسب الطينية والرملية وأحياناً تغطى قاعه الرواسب الصخرية.

6- تتباين أشكال مداخل الكهوف مابين الدائري والمثلث وأشكال الاخرى واكثرها انتشاراً الشكل الدائري ويعكس ذلك دور التجوية في التغير والتأثير على حافات مدخل الكهوف.

7- تتراوحلون جدران الكهوف مابين اللون الحليبي وهي الأكثر انتشاراً والالوان الابيض والاسود والرصاصي والحنطي ويعكس ذلك طبيعة الغازات السائدة ودرجات الأكسدة في داخل الكهوف. الصورة (1).

8- تسيطر الصخور الكلسية والجبسية على معظم الكهوف، وتزداد تلك الفاعلية بوجود الشقوق والكسور التي تحويها تلك الطبقات من الصخور.

9- تراوحت استخدامات الكهوف وتباينت عبر الزمن ما بين عدم استخدام وسكن للحيوانات والسياحة أو ملجأ مؤقتاً في ايام الأزمات والحروبلبعض من تلك الكهوف.

الصورة (1) ألوان جدران الكهوف (كهف أغا)

الدراسة الميدانية بتاريخ22\11\2013

2-2 الخصائص الشكلية:

تتباين معظم الكهوف في مساحتها وشكلها الهندسي مابين الدائري والمستطيل والمثلث وأشكال أخرى،الجدول(2) منه نستنتج الاتي:

1- سيادة الشكل دائري على مدخل معظم الكهوف التي بلغ عددها (10) كهوف مكونة ما نسبته(25,64%) ويتمثل ذلك استجابة لواقع التجوية على حافات مداخل الكهوف وهي الكثر تعرضاً لفاعلية الامطار والحرارة فضلاً عن دور الانسان احياناً، ولعل أهم هذه الكهوف ذات المداخل الدائرية كهوف (ديركزنيكى، سفاق، زمهليل) على سبيل المثال لا الحصر.

2- وشكل المستطيل يكون بنسبة(20,51%) متمثلاً ذلك ب(8) كهوف كما في كهوف (أغا، مصطفى، شمبا).

3- ويتمثل شكل المثلث مداخل ل(4) كهوف وبنسبة (10,26%) كما في (زاوه، جمان) والشكل المربع بالنسبة ذاتها (4) متمثلة بكهوف(أخ سبيك، خروة وغيرهما).

4- وغلب الشكل القوسي (3) كهوفمكونة ما بنسبته (7,69%) كما في كهوف (بن كوندي، كلي بيتاس، بنعرد).

5- كما يسيطر الاشكال الأخرى لمداخل الكهوف (10) كهوف بنسبة (25,64%)، اهم هذه الكهوف (شاخكى، كندالا). الصورة(2).

جدول(2)اشكال مداخل الكهوف في منطقة دراسة

شكل مدخلالكهف	العدد	%
دائري	10	25,64
مثلث	4	10,26
مربع	4	10,26
مستطيل	8	20,51
قوسي	3	7,69
أخرى	10	25,64
مجموع	39	%100

ـ اعتماد على الملحق رقم (1).

صورة (2) مدخل كهف اخ سبيكى

الدراسة الميدانية بتاريخ 10\2\2014

3-2: أطول الكهوف ومساحاتها:

تتباين أطول الكهوف مابين منطقة واخرى تبعاً للطبيعة الصخرية وفاعلية الاذابة ودور المياه الجوفية فضلاً عن الخصائص الهندسية للصخور وللوقوف علىاطولكهوفمنطقةالدراسةووزعتعلىفئات طولية الجدول(3) ومنه نستنتج الاتي:

1- إن نسبة(39,90%)من إعداد الكهوف أطولها أقل من(5م) وبلغ عددها(14) كهفاً أشهرها كهفا(هلامت، بيرموس).
2- سيطرة الكهوف التي أطولها مابين(10-5) على (18) كهفاً مكونة ما نسبته (45,15%)، فيما بلغ عدد كهوفالتياطوالها مابين(15-10)ب(4) كهفاً وبنسبة(10,26).
3- فيما لم تسجل المنطقة سوى كهفين مابين(20-15)مترا وبنسبة(5,13%) كما في كهفشمبا.
4- لم تسجل طوال الكهوف في المنطقة ضمن الفئة(25-20) سوى كهف واحد وهي كهف (كري ميرا) ايتيت.

جدول(3) الفئات الطولية لكهوف منطقة الدراسة

طول	العدد	النسبة المئوية
أقل من 5	14	35,90
5 إلى 10	18	46,15
10 إلى 15	4	10,26
15 إلى 20	2	5,13
20 إلى 25	1	2,56
مجموع	39	%100

ـ اعتمادا على الملحق (1).

4-2مساحات الكهوف:

تتباين كهوف المنطقة في مساحاتها،الجدول(4) ومنه نستنتج الاتي:

1- سيطرت مساحات الكهوف في الفئة الاقل من(5) بنسبة(38,46%) التي بلغ عددها(15)كما في الكهف(هلامت).
2- وسيطرت الفئتين المساحتين (25-20) و(100-50) ب(8) كهفاً لكل من الفئتين التي تشكل (52-20) لكل نها
3- وتتباين مساحات الكهوف في الفئة(200-100) ب(6) كهفاً بنسبة(15%).
4- إن نسبة(2,56 %) من اعداد الكهوف تراوحت مساحاتها مابين(300-200) إلى كهف واحد وهي (كردستاريا).
5- فيما لم تسجل فئة المساحية (300) فأكثر سوى كهف واحد وهي كهف (كري ميرا) في قرية (إتيت) ناحية دهوك إذ بلغ مساحتها(300م^2).

جدول(4) الفئات المساحية لكهوف منطقة الدراسة

المساحة / م2	العدد	النسبة المئوية
أقل من 25	14	38,46
25 إلى 50	18	20,52
50 إلى 100	4	20,52

100 إلى 200	2	15,38
200 إلى 300	1	2,56
300 فأكثر	1	2,56
مجموع	39	%100

المصدر ـ اعتمادا على الملحق (1).

5-2 استخدامات الكهوف:

استخدامات الكهوفمتغيرة بين حين واخر، وبجدر بنا قبل الدخول في ذلك أن نشير إلى بعض الأيات القرائية الدالة إلى هذا المظهر الارض وأهمية في الحياة الأنسان كقولة تعالى(وتنحتون من الجبال بيوتاً)(سورة الشعراء، الآية149)، ويرجع بداية استخدام الأنسان لهذه المغارات الكهوف إلى بداية استقراره على سطح الكرة الارضية ولجأ إليها كسكن لحماية نفسه في الأخطار البيئية سواء من حر الصيف أو من برد شتاء أو من الحيوانات المفترسة، و لا ننسى أن الانسان عبر تاريخه الطويل مر بأزمات قد يلجأ وحتى في الوقت الحديث الى هذه الكهوف كمأوى وسكن ومواقع لعمليات بخاصة ما يستخدمها الثوار كمواقع للدفاع ضد المحتلين وتنطبق الحال كذلك على بعض من الكهوف المنطقة كما في جدول(5) ونستنتج منه الاتي:-

1- سيطرت عدد الكهوف التي استخدمت كسكن للإنسان على (6) كهوف مكونه ما نسبته(15,38%) من مجموع الكهوف، اهمها كهف(أخ سبيكى، خرابا).
2- وبلغ عدد الكهوف التي استخدمت لتربية الحيوانات(4) كهوف بنسبة(10,26%).
3- استخدامكهفين في مجال السياحة مكونة ما بنسبته(5,13%) وهما كهف(جارستين، هلامت).
4- بلغ عدد الكهوف للأغراض الدينية(1) كهف وهو كهف(كون أخ).
5- إن معظم الكهوف المنطقة بدون استخدام بسبب مواقعها في المرتفعات الجبلية اذ بلغ عددها(26) كهفاً من المجموع الكهوف الكلية ما نسبته(66,67%).

جدول(5) استخدامات بعض كهوف منطقة الدراسة

استخدامات الكهوف	العدد	% من المجموع
سكن الانسان	6	15,38
تربية الحيوانات	4	10,25
السياحة	2	5,13
أغراض دينية	1	2,50
بدون استخدام	26	66,67
مجموع	39	%100

اعتمادا على الملحق (1).

3-0 أبرز الكهوف والمظاهر الجيومورفولوجية المرتبطة بها في قضاء دهوك:

3-1 أبز كهوف منطقة الدراسة:

رغم وجود اعداد كبيرة من الكهوف في المنطقة الا ان معظمها صغيرة واشبه ما تكون بتجاويف، لذا سنركز على أهمها:

3-1-1: كهف كرى ميرا:

يقع هذا الكهف الى الشرق من قرية (ايتيت) التابعة لناحية المركز ويبعد بنحو(2) كم عن قضاء دهوك،وتحدد بدائرةعرض (36˚50 05) وخط طول(43˚ 05 54) وترتفع (723م)عن مستوى سطح البحر، وللكهف مدخلان الاولمستطيل الشكل تقريبابارتفاع(8.49م) وبعرض(12م) والثاني صغير مقوس الشكل، الصورة (3) ويقدر طول الكهف من داخل(20م) وبعرض(18.30م). وللكهف ممران حيث إن إحداها تقع في الجانب الشمالي بطول(21م) من وسط الكهف وبعرض يتراوح مابين(5م) في مدخل الممر و(1م) في نهايته وبالارتفاع (3م). وللكهف هول داخلي بعمق(20م) وعرض(12م) وبارتفاع(9م) وبمتوسط(7م) ويقدر مساحة الكهف الكلية(366م) وهناك ممرات داخليه بالجانب الغربي من الكهف الاول بشكل قوسي بارتفاع مترين وعرض(3م) تتصل هذه الممرات مع بعضها البعض مكونا كهفاً جانباً ترتفع الكهف الجانبي بنحو(2م) عن قاع الكهف الرئيسي بأربع فتحات ثلاث سفلية وواحده في الاعلى. وترتفع الفتحة عن القاع بنحو(3م) وتتمثل الفتحة الاولى بعرض(4.8م) وارتفاع(1.7م) بشكل المثلث شكلاً مستطيلاً والفتحةالثالثةبارتفاع (3.20م) وعرض(3,9م) والفتحة الرابعة عرضها(4,25م) وارتفاع (3,50م)**(الدراسة الميدانية للباحث)**ويقال عن لسان أهل القرية بأنه كان في داخل الكهف تمثالاً وتعرض للسرقة **(امين 2013).**

الصورة (3) مدخل كهف كرى ميرا

الدراسة الميدانية بتاريخ28\10\2013

3-1-2 كهف جارستين:

يقع هذا الكهف في (كلي دهوك) في الجبل الأبيض، واسم الكهف(جارستين) باللغة العربية تسمى (ذو الاعمدة الاربعة) وهو مأخوذ من الاعمدة الاربعة المنحوتة في وسط الكهف وهو عبارة عن تجويف طبيعي عملت فيه يد الأنسان منذ القدم ويتكون الكهف منالأحجارالكلسية، وأرضية الكهف شبهه مربعة وزوايا غير قائمة، أقرب ما تكون إلى قوس الدائري إذ يبلغ طولها (12,60م) وعرضها(13,40م) وارتفاعها(2,60م) وعرض مدخل(8,30م) وارتفاع (3,66م) تبلغ المساحة الكلية للكهف(168,8م2). وفي وسط أرضية الكهف هناك دكة المذبح مربعة الشكل طول ضلعها يصل إلى (3,90م) بارتفاع (1,2م) ويخرج عند كل زاوية منها عمود من الاعمدة الصخرية وكذلك تم العثورعلى المدقات الحجرية والمجارش وأدوات السحق ومن المحتمل إن انسان العصر الحجري قد سكن هذا الكهف واستخدام هذه الآلات والادوات الحجرية للاستعمالات اليومية **(البرواري)** وللكهف نفق وهو المنفذ الوحيد الى الكهف لأنه الكهف يبدو محصوراً داخل قلعة صخرية ويبلغ طول هذا النفق(11,25م) وارتفاع (2,50م) وعرض(1,90م). وقد قامت مديرية أثار دهوك بالبحث المستمر في الكهف وفي (2006/11/14) وجد بعض الأثار والرموز تشير إلى الديانة الزردشتية، وأكدوا بأنها كانت مذبحاً للحيوانات، والزردشتين قاموا ببناء معابد النارية في الطريق قبل الوصول إلى الكهف وهذه المعابد النارية تتخول إلى ثلاثة اشكال الاولى المعابد المفتوحة والثانية المعبد البنائية والأخيرة المعابد الكبيرة،( ) ويرتاد هذا الكهف المئات من الزوار سنويا بحكم موقعه المشرف على كلي دهوك، الصورة(4).

الصورة (4) كهف جارستين في كلي دهوك

الدراسة الميدانية بتاريخ 28\10\2013

3-1-3 كهف هلامت:

يقع هذه الكهف في ناحية دهوك في السفح الشمالي لجبل(زاوة) المشرفة على قرية(قسارا) يرتفع الكهف (658م) على سطح البحر، الصورة (5) وعند خط الطول(32 56 42) ودائرة العرض (24 50 36).ويبلغ طول كهف(2,65م) وبعرض(3,60م) اما مساحاتها فتبلغ (9,54م) وللكهف باب مربع الشكل بعرض(1,45م) وارتفاع (1,10م)، وجدرانها تتكون من صخور

جبسيهوخالية منالشقوق والكسور، فيما تغطي جدرانها اللون الأسود **(الدراسة الميدانية)**وتكمن بعدها السياحي بسبب قيمتها التاريخية إذ ترجع إلى زمن الملك(سنحاريب) وبخاصة المنحوتاتالتي تشتهر بها خارج الكهف ويقال في بعض المصادر التاريخية بأنها صور للآلهة الأشورية مثل(إله أشور، أدد، عشتار، سين) **(عبد الوهاب، ص 111)**.

4-1-3 كهف اغا:

هي إحدى اهم الكهوف في ناحية(زاويته) في قرية(جَمان) التابعة لقضاء(دهوك) الصورة(6) بطول (18,35م)وبعرض(5,67م) وللكهف ممر في نهايتهبطول(10,80م) وبعرض(2,63م) وارتفاع (2,23م)، اما مساحة الكهف الكلية فتقدر ب(104,044م) وتتكون رواسب قاعهمن الطين وصخورها جبسيه، وجدرانها ذات اللون الحلييي المائل إلى الاحمرار بسبب اكسيد الحديد.وللكهف فتحه هوائية بعرض(5,95م) وطولها(7,35م) وهي ذات شكل مربع في السقف، حيث باب الكهف ذات شكل مستطيلي يقدر بارتفاع (3,25م) وعرض(4,17م).

صورة(5) مدخل كهف هلامت في جبل زاوة(دهوك).

الدراسة الميدانية بتاريخ 28 \10\2013

الصورة(6) مدخلكهف اغا (زاويته)

الدراسة الميدانية بتاريخ13\2\2014

5-1-3 كهف شَمبا:

يقع هذا الكهف في قرية(كوريمي) في ناحية(مانكيش) ويبتعد عن القرية بحوالي(300م) الصورة(7) والكهف كان ملجا للناس في الأوقات الهروب من النظام البعثين (مصطفى أبو لاوين، مقابلة) وللكهف ثلاثة أبواب وذات شكل يشبه الحرف(Y) الإنكليزياشبه بممرات ففي الممر الاول من الكهف (الجانب الرئيسي) يوجد أثار لاستخدام الكهف من قبل سكان المنطقة، الباب بعرض (9,80م) وارتفاع(1,75م) وتضيق الكهف من الداخل الى (4,80م) وبطول(18,36م) وارتفاع(45سم).وجدرانها ذات لون اصفر يميل الى الأسود، مكونة من صخور كلسية وفيها بعض الشقوق والكسور ورواسب قاعها رملية، اما الممر الثاني من الكهف فبعرض (5,90م) وارتفاع(1,60م) ولونها أسود ورسبها رملية، والممربطول (8,83م) وبعرض(6,81م) وترتبطانالممران معا لتكون الممر الرئيسي (الممر الثالث) ولكن لم نستطيع الوصول إلى نهايته بسبب انهيار سقف الكهف وهي بطول(13,45م) تقريباً وعرض(1م) وارتفاعها نصف متر وضيق الممر حال دون الوصول الى نهايتها.

الصورة (7) كهف شَمبا (ناحية مانكيش).

الدراسة الميدانية بتاريخ13\2\2014

2-3 ظاهرات الكهوف في منطقة الدراسة:

تتميز كهوف منطقة الدراسة بوجود العديد من المظاهر الجيومورفولوجية ولعل أبرزها الاتي:

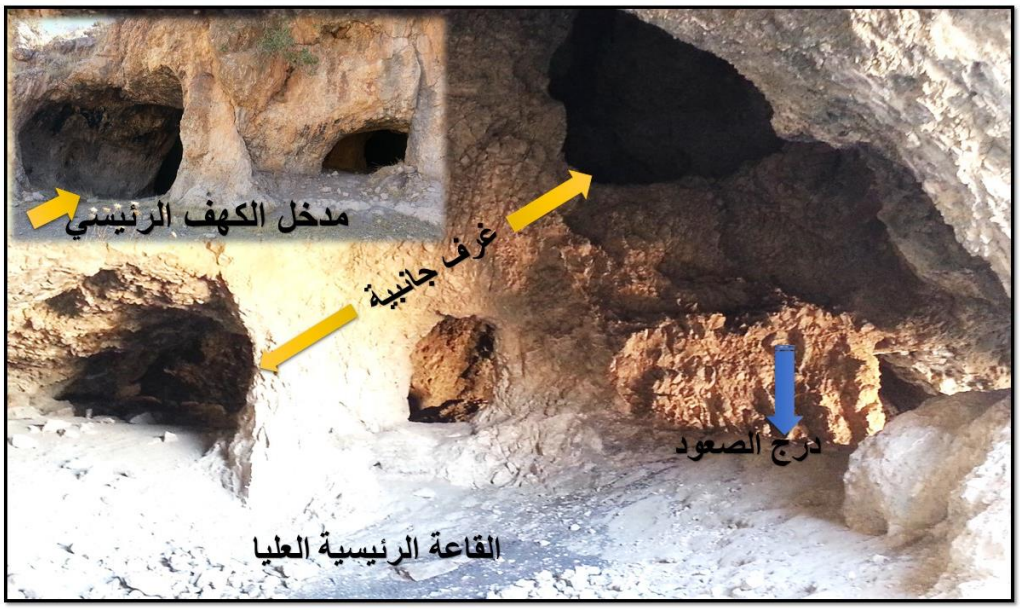
1-2-3غرف وقاعات الكهوف:

وهي على الاغلب تبرز في الكهوف التي تتكون من عدة طبقات صخرية متباينة في درجة صلابتها، مع وجود ترسبات لبيئة نهرية، اذ تتصف هذه الطبقات بقلة التماسك، وتسهم الرطوبة والمياه الجوفية عبرت مئات السنين من انهيار وتساقط الصخور، مما تسهم في تكون غرف وقاعات كبيرة، وهي من الظاهرات المنتشرة في أغلب الكهوف الجيرية، كما في كهف ايتيت في منطقة الدراسة. الصورة (8).

2-2-3ممرات الكهوف Cave Passage:

وهي ظاهرة تتميز بها بعض الكهوف التي تحوي على الشقوق والفواصل، وأخرى تتبع الحدود الفاصلة بين الطبقات**(البيواتي، ص211)**. وتبعا لصغر احجام كهوف المنطقة لم تبرز ظاهرة الممرات سوى في كهوف اتيتوللكهف ممرين رئيسين، وبأطوال تصل الى (21و 24) متر.

الصورة (8) الغرف والقاعة الرئيسة لكهف ايتيت (شرق مدينة دهوك)



ـ الدراسة الميدانية، بتاريخ 2013 /10/22

3-2-3القباب الصغيرة Cupola:

وهي تجاويف اذابة على هيئة قبة تحدث في سقوف عدد من الكهوف وتتطور هذه القباب بفعل عملية الاذابة المركزة في مناطق تقاطع الفواصل فتتوسع ويضعف تماسك اجزاء السقف وقد تنهار الاجزاء القريبة لتقاطع الفواصل وتتشكل هذه المظاهر القبابية، وقد يساعد على تطور هذه الظاهرة وجود ظروف مناخية داخل الكهف متمثلة بدرجات الحرارة ورطوبة نسبية عالية **(احمد حسين، ص76)**.وترتبط هذه الظاهرة بمعظم كهوف المنطقة.

4-2-3 نوافذ الكارست Karst Windows

وهي مظهر كارستي تتميز به سقوف وجدران بعض الكهوف وتتكون نتيجة لانهيار أجزاء من اسطح الكهوف ، ويرتبط ذلك بقلة سمك الكهف وفاعلية نشاط التجوية، وتعكس الظاهرة وصول الدورة الجيومورفولوجية للكارست لمراحلها النهائية في مناطق تواجدها **(نجيب يوسف، 2009)**،وتكمن اهمية النوافذ في ادخال الضوء الى اجزاء من ارضية الكهف وانارة اجزاء منها، وتنتشر في اسقف بعض كهوف المنطقة كما في كهف كرى ميرا، الصورةالسابقة (8) وتعكس قلة النوافذ عظم سمك الطبقات الصخرية التي تتواجد فيها الكهوف ، وحتى انه يعتقد بعض الفتحات الموجودة في اعلى بعض الكهوف هي من عمل الانسان و ترجع الى فترات استخدام الكهوف كسكن من قبل الانسان.

5-2-3الهوابط (Stalactite) والصواعد(Stalagmites):

وهي من المظاهر التي تتميز بها الكهوف الكبيرة على الاغلب، وتعد من اهم المظاهر التي تستقطب السياح في مثل هذه البيئات، وهي ظاهرة كارستية تنشأ نتيجة لترشح المياه الجوفية المشبعة ببيكربونات الكالسيوم من سقف الكهوف،وتسهم عملية التقطير البطيئة لتبخر جزء من الماء وتحرر غاز ثاني اوكسي الكربون قبل ان تسقط قطراته الى الاسفل مؤدية الى ترسيب كربونات الكالسيوم بهيئة بلورات متدلية من السقف. ومن الجدير بالذكر ان هذ الظاهرة لا تبرز في جميع الكهوف، لأنها حتى تتكون لابد ان تكون الكهوف فوق مستوى الماء الجوفي الدائم ضمن نطاق التهوية(Aeration) وتحدث غالبا عندما يقطع الجدول واديا عميقا مما يؤدي الى انخفاض مستوى الماء الجوفي.

تبدأ ديناميكية تكون المظاهر الكرستالية و الأعمدة النازلة والصاعدة بالترسيب بسقف الكهف على شكل حلقة حول حافة قطرة الماء وبتوالي قطرات الماء تزداد ترسبات الكالسايت (وهي دقائق متناهية في الصغر تتشكل على هيئة انبوب ثم تتحرك المياه على طول هذا الانبوب تاركة وراءها ترسبات اضافية تسهم في اطالتها بشكل متواصل، ومن القطرات ما يتساقط على ارضية الكهف وبتراكمها تتكون الصواعد وفي بعض الأحيان يتقابل العمود الصاعد مع العمود النازل ويكونان العمود الجيري**(Edward.p.117)**.وتبرز هذه الظاهرة في معظم الكهوف الكبيرة، الا ان معظم كهوف المنطقة المدروسة تخلو من ظاهرة الصواعد مع وجود نوازل صغيرة لا تتعدى (10سم) في سقوف كهف كندالا في قرية خروة،ولعل عدم وجود هذه الظاهرة في كهوف المنطقة تعود الى:

أ- ان معظم كهوف المنطقة هي اشبه ما تكون بغرف واسعة ذات فتحات عريضة أثرت في بيئة الكهوف وجفافها.

ب - استخدام معظمها في تربية الحيوانات ولفترات كسكن أثر على كثير من تلك الظواهر.

6-2-3الترافرتين Travertine:

من الرواسب الهامة في الكهوف رواسب المياه الجيرية المعروفة باسم (onyx) وهي تتألف من مياه مشبعة الارسابات والتكوينات الجيرية، وتشغل أجزاء واسعة من أرضية وجدران الكهوف وتختلف المياه الجيرية حسب التكوينات والشوائب المختلطة بها. فإذا زادت نسبة أكسيد الحديد بالمياه يبدو لون الارسابات الجيرية حمراء أو صفراء اللون، أما إذا ارتفعت نسبة ثاني أكسيد المنغنيز في هذه الرواسب فتتميز الأخيرة باللـون الأسود الغامق**(دراكة، ص84)**فالجدران ذات اللون الأصفر والتي تميل الى القهوائي تتمثل بكهوف أخ سبيكى الصورة(9)، وذات اللون الأسود تتمثل بكهوف نزم.

7-2-3 ظاهرة الفشار Popcorn:

وهي ترسبات بيضاء اللون من مادة الجبس تترسب على جدران معظم الكهوف ، تشبه الذرة المتفتتة وشائعة في معظم الكهوف الكبيرة وتتكون الظاهرة من النـزيز الشعري (Capillary Seepage) فمن المعروف ان المواد الصلبة الذائبة في المياه الشعرية تترسب على جدران الكهف نتيجة تعرضها الى جو الكهف اذ يتحرر ثاني اوكسيد الكربون من المياه التي تكون متشبعة او قريبة من التشبع عند نقطة الخروج الى جدران الكهف، ويكاد يكون الماء المترسب من جدران الكهف على شكل رطوبة تبلل هذه الجدران وترسب ما بها من مواد متصلبة على الجدران وذلك لقلة المياه المتسربة والتي لا يمكن رؤيتها في اغلب الاحيان وعلى الرغم من قلتها الا ان تأثيرها كبير في تشكيل الظاهرة **(palmer.p1)**وظاهرة الفشارهذه تغطي مساحات واسعة من جدران كهوفمنطقة الدراسة، كما في كهف كلي بيتاس، الصورة (10).

صورة(9) كهف أخ سبيكى

الدراسة الميدانية بتاريخ 10\2\2014

صورة(10) ظاهرة الفشار (كهف كلي بيتاس)

ـ الدراسة الميدانية، بتاريخ 13 / 11 / 2013

الاستنتاجات

1- وجود تباينات بين الكهوف في منطقة الدراسة من حيث الخصائص العامة كالطول والارتفاعوالاتساع.

2- يغلب الشكل الدائري والقوسي على اغلب مداخل كهوف المنطقة.

3- اغلب صخور كهوف منطقة الدراسة صخورها جبسيه وكلسية.

4- للطبيعة الصخرية كتنوع الصخور والشقوق وكسور أثر بارز في تكون الكهوف.

5- عدم الاهتمام بالكهوف من حيث الاستخدام اومعرفة اسمائها من قبل الناس باستثناء كهف(كري ميرا، جارستين، هلامت).

6- عدم وجود المظاهر الجيومورفولوجية كصواعد ونوازل.

7- صعوبة الوصول إلى معظم كهوف المنطقة الممثلة بالارتفاعات العالية والوحدة أوكانت بعض الكهوف قد انهارت بالكامل مثل كهف(أيمينكي) بسبب المناخ.

8- تباين استخدامات كهوف عبر الزمن حتى بالنسبة للكهف الواحد،وحالياً تتراوح تلك الاستخدامات مابين سكن للحيوانات وبدون استخدام.

9- يبلغ على معظم رواسب أرضية تلك الكهوف الرواسب الطينية والرملية.

10- كل كهوف المنطقة غير مستثمرة في الجانب السياحي باستثناء كهف جارستين بحكم موقعها في كلي دهوك.

التوصيات:

1. ضرورة الاهتمام ببعض من هذه الكهوف واستثمارها سياحيا كما في كهوف هلامت وكرى ميرا.
2. تخصيص جهة معينة تقع على عاتقها متابعة هذه الكهوف وحماية ما تحوي من احجار ولقى اثرية.
3. توعية الناس بأهمية هذه الكهوف ومدى الحاجة للاستفادة منها.
4. انشاء دليل سياحي تثبت مواقع هذه الكهوف.
5. تحسين الطرق المؤدية لبعض من هذه الكهوف المهمة واستثمارها.

المصادر والهوامش:

1- أحمد، حسين احمد، الكارست في منطقة تلعفر (دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية)، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة الموصل، 2007.

2- أبو العينين، حسن أحمد، أصول الجيومورفولوجية، دراسة اشكال تضاريسية لسطح الأرض،الدار الجامعية، الإسكندرية، ط1، 1981.

3- البيواتي،احمد على حسن، مجلة جامعة كويه (العلوم الانسانية) مجلة الأكاديمية، تصدرها جامعة كويه، العدد (30)،2013.

4- البرواري،حسن احمد قاسم، من بحوث تاريخية،

5- جودة، حسنين جودة، معالم سطح الارض، دار النهضة للطباعة والنشر، بيروت، 1999.

6- حكومةاقليمكوردستانالعراق،وزارةالثرواتالطبيعية،المديريةالعامةللمسحالجيولوجي – دهوك،المسح الجيولوجي لشرقطيةبخير 2006 ،ص9.

7- عبد الوهاب،تحسين، الصيانة والتنقيبات الأثرية في كهف جارستين، مجلة شاندر، عدد13، 2001.

8- محسوب،محمد صبري،جيومرفولوجية أشكال الأرضية، دار الفكر العربي للطباعة والنشر 2001.
9- المجموعة الاحصائية 2005-2006، جمهورية العراق، وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، جدول (5/1) بغداد 2007.
10- دراكة، خليفة، هيدرولوجية المياه الجوفية، نقابة المهندسين الأردنيين- عمان،1988.
11- يوسف، نجيب، موسعة المعارف الكبرا، دار نوبلس للنشر والتوزيع – بيروت، 2009
12- مصطفىأبولاوين،مقابلةشخصية، بتاريخ 2014/1/22
13- حجي أمين،مقابلة شخصية مع المختار، بتاريخ 2013/2/10.
14- الدراسة الميدانية، بتاريخ 2013 /1/22 الى 2014/2/29
14-Edward G.T.& Fredrick K.I., Earth science .Prentices – Hall,9th Ed New jersey,2000
15- PaulWilliams,1999,Karst management Guidelines ;policies and Actions ,Wellington ,New Zealand .
16-Palmer A.N., & palmer M.V.,(2003),Geochemistry of capillary seepage in mammoth cave.

الملحق (1) الخصائص العامة لكهوف منطقة الدراسة.

ت	أسم الكهف	الموقع		مدخل الكهف			داخل الكهف			رواسب القاع	نوع الصخور	شقوق وكسور	استخدامات الكهوف	مساحات الكهوف	تاريخ الدراسة
		قرية	ناحية	شكل	ارتفاع م	عرض م	عرض م	طول م	لون الجدران						
-1	سى كركا	دهوك	دهوك	مثلث	5,50	10,81	7,45	13,90	قهوائي	رمل	جيسي	يوجد	بدون	103,55	2013/10/28
-2	زاوا	دهوك	دهوك	مثلث	7,32	6,10	6,40	12,30	اسود+ابيض	رمل	كلسية	يوجد	بدون	78,72	2013/10/28
-3	بجيك	دهوك	دهوك	دائري	1,3	82سم	3,65	1,75	حليبي	صخوري	جيسي	لايوجد	بدون	6,387	2013/10/28
-4	هلامت	قسارا	دهوك	مربع	1,10	1,45	3,60	2,65	اسود	اخرى	جيسي	لايوجد	سياحة	9,54	2013/10/28
-5	كري ميرا	إتيتي	دهوك	دائري	8,49	12	18,30	20	اسود+حليبي	رمل	جيسي	يوجد	بدون	366	2013/10/22
-6	جارستين	دهوك	دهوك	مستطيل	3,90	8,30	13,40	12,60	حليبي	صخوري	كلسية	يوجد	سياحة	168,84	2013/10/28
-7	شاخكي	شاخكي	دهوك	اخرى	2,45	6,7	8,23	4,37	اسود	طينية	كلسية	يوجد	بدون	55,141	2014/2/27
-8	بن عرد	بيتاسي	زاويتة	قوسي	1,4	2,10	4,85	5,37	رصاصي	رمل	جيسي	يوجد	استخدام انسان	26,445	2013/11/13
-9	كلي بيتاسي	بيتاسي	زاويتة	قوسي	1,16	3,90	8,80	4,90	اسود+حليبي	طينية	جيسي	لايوجد	استخدام انسان	43,12	2013/11/13
-10	كلي افريكي	افريكي	زاويتة	مربع	4,40	5,16	13,20	8,60	حليبي	رمل	كلسية	يوجد	تربية حيوانات	113,52	2013/11/13
-11	كون أخ	بازيركي	زاويتة	دائري	1,35	90سم	1,48	3,45	ابيض	طينية	كلسية	لايوجد	معبد	5,106	2013/11/22
-12	بيرموس	بيرموس	زاويتة	دائري	1,71	2,42	2,65	3,30	رصاصي+اسود	صخوري	كلسية	يوجد	بدون	8,745	2013/11/22
-13	جركي جراحي	بيرموس	زاويتة	اخرى	1,93	4,32	5,7	6,5	رصاصي+حليبي	رمل	كلسية	يوجد	تربية حيوانات	37,05	2013/11/22
-14	أغا	جمان	زاويتة	مستطيل	3,25	4,17	5,67	18,35	حليبي+اسود	طينية	كلسية	يوجد	بدون	104,044	2013/11/22
-15	بر كوند	بيرموس	زاويتة	اخرى	1,7	1,85	4,30	8,90	حليبي+اسود	رمل	جيسي	يوجد	تربية حيوانات	38,27	2013/11/22
-16	جمان	جمان	زاويتة	مثلث	2,25	1,5	2,5	2,20	حليبي	طينية	كلسية	يوجد	بدون	6,25	2013/11/22
-17	زمهيلي	كري قسروك	زاويتة	دائري	2,46	3,5	7,13	11,10	حليبي	رمل	جيرية	يوجد	بدون	79,143	2013/1/14
-18	كلبا ندا	كري قسروك	زاويتة	اخرى	85سم	80سم	2,15	8,44	ابيض+اسود	رمل	كلسية	يوجد	بدون	18,146	2013/1/14
-19	دربي بجيك	كري قسروك	زاويتة	اخرى	1,65	5,48	2,53	7,3	حليبي+احمر	طينية	كلسية	يوجد	بدون	18,469	2013/1/14
-20	محمد سعيد	كري قسروك	زاويتة	دائري	2,76	2,50	3,47	4,22	حنطي	طينية	جيسي	يوجد	بدون	14,643	2013/1/14
-21	بروزي	خروه	زاويتة	مستطيل	3,50	4,80	10,60	1,20	اسود	طينية	جيسي	يوجد	بدون	12,72	2014/1/29
-22	هزيري	خروه	زاويتة	دائري	2,3	3,4	6,32	9,43	اسود+ابيض	طينية	جيسي	يوجد	بدون	87,457	2014/1/29
-23	كندالا	خروه	زاويتة	اخرى	1,50	1,23	3,48	4,93	حنطي	رمل	جيري	يوجد	بدون	17,156	2014/1/29
-24	نيركزا	خروه	زاويتة	اخرى	1,22	66سم	3,25	5,60	ابيض+اسود	طينية	جيري	يوجد	بدون	18,2	2014/1/29
-25	دوكر	خروه	زاويتة	اخرى	1,25	85سم	8,29	7,60	حليبي+رصاصي	رمل	كلسي	يوجد	بدون	68,248	2014/1/29
-26	سقاق	خروه	زاويتة	دائري	1,66	1,3	5,63	4,75	ابيض	طينية	كلسي	يوجد	بدون	26,74	2014/1/29
-27	خروه	خروه	زاويتة	مربع	1,23	1,4	4,60	7,33	حليبي+رصاصي	طينية	جيري	يوجد	بدون	33,718	2014/1/29
-28	كزو	كزو	زاويتة	دائري	1,25	1,55	2,45	8,53	ابيض+اسود	طينية	كلسي	يوجد	استخدام انسان	20,899	2014/1/29
-29	مصطفى	كزو	زاويتة	مستطيل	1,50	3,86	4,76	4,93	ابيض	طينية	جيسي	يوجد	استخدام حيوان	23,466	2014/1/29
-30	بن كوندى	كزو	زاويتة	قوسي	1,76	3,86	7,51	8,42	حليبي	رمل	كلسي	يوجد	استخدام انسان	63,23	2014/1/29
-31	خرابا	كزو	زاويتة	مثلث	1,60	1,70	4,32	7,32	ابيض+حليبي	طينية	كلسي	يوجد	استخدام انسان	31,622	2014/1/29
-32	اخ سليكى	ديركزنيكي	مانكيش	مربع	2,20	1,85	2,55	5,32	حليبي+رصاصي	طينية	جيسي	لايوجد	استخدام انسان	13,566	2014/2/10
-33	ديركزنيكي	ديركزنيكي	مانكيش	دائري	1,30	1,32	10,22	2,42	حليبي+اسود	طينية	جيسي	لايوجد	بدون	24,936	2014/2/10
-34	كمى زينى	بندا	مانكيش	مستطيل	1,45	4,80	4,15	6,80	رصاصي	رمل	جيري	لايوجد	بدون	28,22	2014/2/10
-35	كردستاريا	بروشكا سعدي	مانكيش	مستطيل	2,18	26	29,82	8,8	اسود+حليبي	رمل	جيسي	يوجد	بدون	262,416	2014/2/10
-36	ثمر	بروشكا سعدي	مانكيش	مستطيل	2,70	24	32	4,50	اسود+حليبي	رمل	جيسي	يوجد	بدون	144	2014/2/10
-37	نزم	بروشكا سعدي	مانكيش	اخرى	1,70	7	6,11	8,60	اسود	رمل	كلسي	لايوجد	بدون	52,596	2014/2/10
-38	رشي	كوريمي	مانكيش	اخرى	1,57	10,6	8,60	8,20	اسود+حليبي+رصاصي	طينية	جيري	لايوجد	بدون	10,52	2014/2/13
-39	شمبا	كوريمي	مانكيش	مستطيل	1,75	9,80	4,80	18,36	حليبي	رمل	كلسي	لايوجد	بدون	88,128	2014/2/13

ـ بالاعتماد على الدراسة الميدانية (التاريخ مثبت امام كل كهف).

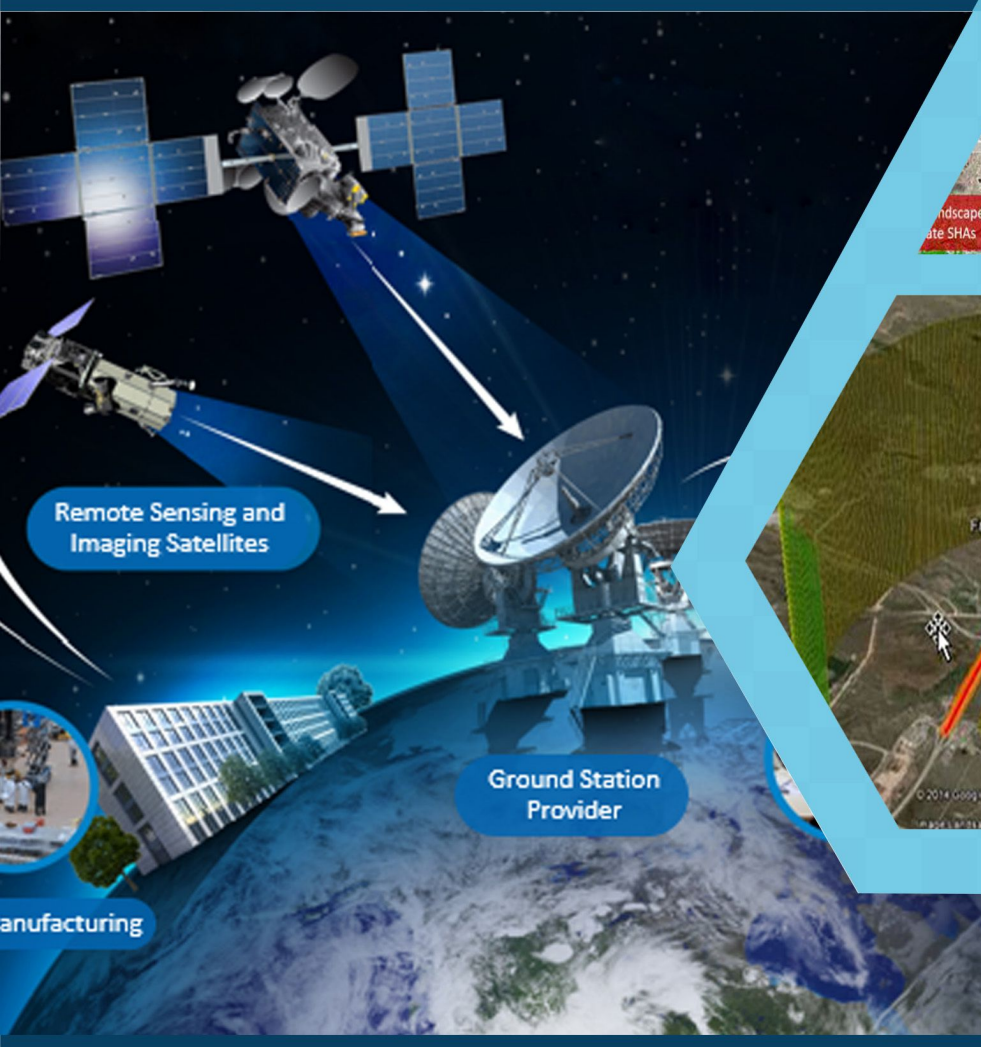
ATIGN

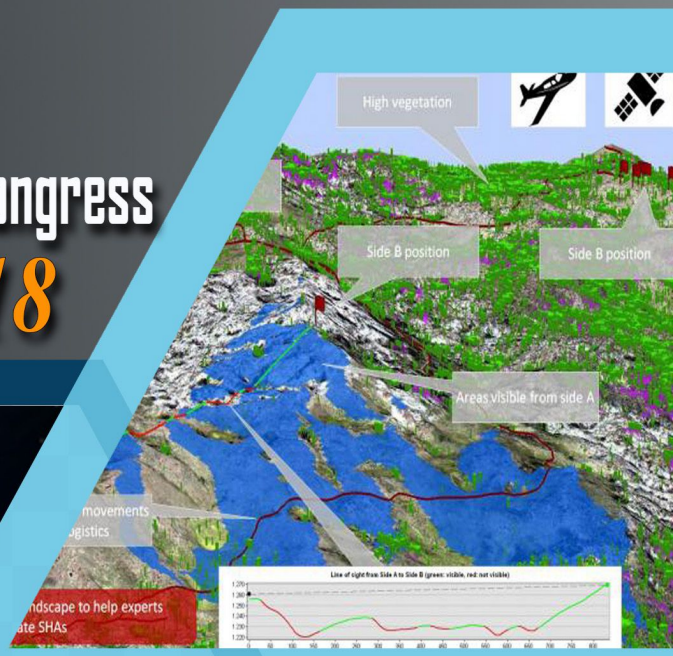
الجمعية التونسية للاعلام الجغرافي الرقمي

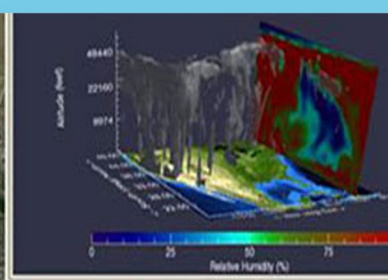
Tunisian Association Of Digital Geographic Information

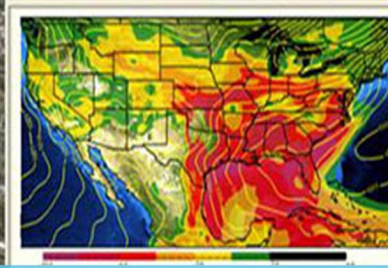
12 Edition Of The International Congress

Geo-Tunis 2018









13 - 17 November 2018

www.geotunis.org

Adress:112 rue Radhia Haded 1001 Tunis

Tel : (00216) 71 245 692

Fax : (00216) 71245 692

E-mail: atigeo_num@yahoo.fr

Web site :

- www.geotunis.org
- www.unioneag.org
- www.geosp.net