



استخدام الاستشعار عن بعد

في دراسة المساحات الخضراء بمدينة تازة

الدكتور محمد الهشمي

الدكتور منصور الهبوز

الباحثة رقية بنداوود

تحت إشراف:

الدكتور محمد المولودي: أستاذ التعليم العالي

مختبر التراب والتراث والتاريخ

جامعة سيدي محمد بن عبد الله، فاس

المغرب

ملخص

في سياق التحولات التي ما فتئت المدينة المغربية تعرفها على أكثر من صعيد، ومنها التحولات المرتبطة بالتوسع الحضري على حساب المساحات الخضراء المحيطة بها. تهدف هذه الورقة البحثية الى تبني مبادئ التنمية المستدامة في التخطيط الحضري، والارتقاء بجودة الحياة الحضرية عموما، وذلك من خلال رصد تطور المجال الأخضر داخل مدينة تازة باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد من جهة، وكذا باعتماد مقارنة مؤشرات طيفية في الدراسة (NDVI، GNDVI، SAVI، NBLI، DBSI، CIg، NDMI) واختيار الأنسب منها من جهة أخرى.

ولقد خلصت الدراسة إلى تعدد وتباين نتائج المؤشرات الطيفية الموظفة لدراسة المساحات الخضراء بالمدينة خلال الفترة ما بين 2000 و2023، مع تسجيل مؤشر (SAVI) لنتائج أفضل من مؤشر (NDVI) الكلاسيكي. هذا ولقد أتى مؤشر (GNDVI) في المرتبة الثالثة من حيث الأهمية، بينما قدم مؤشر (NDMI) فكرة عامة حول تطور رطوبة المجال الأخضر في الفترة نفسها.

كلمات مفاتيح: الاستشعار عن بعد، المساحات الخضراء، المؤشرات الطيفية، مدينة تازة.

**Abstract:**

In the context of the transformations that the Moroccan city has experienced at more than one level, in particular the transformations linked to urban expansion to the detriment of the green spaces that surround it. This research paper aims to adopt the principles of sustainable development in urban planning and improve the quality of urban life in general, by following the evolution of green space within the urban space from Taza to help of remote sensing technology on the one hand, as well as by adopting a comparison of spectral indicators in the study (NDVI, GNDVI, SAVI, NBLI, DBSI, CIg, NDMI) and choosing the most appropriate on the other hand.

The study concluded that there are multiple out comes and variables of spectral indicators used to study the green space of the city between 2000 and 2023, with the SAVI index recording better results than the classic NDVI index. The GNDVI index comes in third position in terms of importance, while the NDMI index gives a general idea of the evolution of the humidity of green spaces during the same period.

Keywords: Remote sensing, Green spaces, Spectral indicators, Taza City.



مقدمة

يعيش نصف سكان العالم حاليا في المجالات الحضرية، ومن المتوقع أن يعيش فيها الثلثين بحلول 2050¹. وبذلك تعرف المدن نموا في عددها ومساحتها، حيث تؤدي عملية التوسع المتسارعة الى تزايد عدد المباني الجديدة، واستبدال المجالات الطبيعية تدريجيا بمجالات عازلة مثل، الاسفلت والحرسنة والإسمنت².

تكمن أهمية دراسة المساحات الخضراء بالوسط الحضري في وظائفها الحيوية لفائدة الانسان والمجال. فإلى جانب قيمتها الترفيهية، تلعب دورا محوريا في تنظيم المشهد الحضري، وفي تخفيف ما يسمى بالجزر الحرارية^{3,4,5}. ويعتبر الاستشعار عن بعد إحدى أهم الأدوات الأساسية لدراساتها؛ بحيث يتيح التعرف على معدل تأثير تغيرات الغطاء النباتي على البيئة، وبالتالي اتخاذ القرارات بكفاءة⁶، بناء على مجموعة من المؤشرات الطيفية، التي قد تصل إلى 519 مؤشرا فأكثر. ويعد مؤشر NDVI أشهرها على الإطلاق⁷.

يعد الاستشعار عن بعد بمثابة أداة لجمع المعلومات عن الأشياء أو مجال معين دون الاتصال المباشر بالشئ المراد دراسته⁸، ويتم ذلك عبر تسجيل الطاقة المنبعثة أو المنعكسة، وما يليها من معالجة وتحليل وتطبيق للمعلومات⁹. وهي تقنية بدأ استخدامها منذ منتصف القرن الماضي لرصد التغيرات التي تحدث في المجال الجغرافي، مما مكن من فتح مجالات واسعة لدراسة البيئة وتغيراتها¹⁰. ولبلوغ هدفها، تعتمد على عدة وثائق، من أهمها صور الاقمار الاصطناعية، التي يوفرها القمر الأمريكي لاندسات الذي تم إطلاق النسخة الأولى منه سنة 1972، واستخدام في مشاريع الوقاية والرصد في الميدان الزراعي¹¹.

تم توظيف الاستشعار عن بعد كتقنية لمقاربة الغطاء النباتي والمساحات الخضراء عموما في العديد من الدراسات الأكاديمية والأوراق البحثية. وعلى سبيل المثال لا الحصر؛ نستحضر عمل الحربي¹² الذي قام برصد وتقييم تغيرات استخدام الاراضي الزراعية خلال الفترة ما بين 1988 و2008 معززة بالعمل الميداني في منطقة تبوك بالمملكة العربية السعودية. كما بينت دراسة¹³ أخرى التراجع الكبير للغابات الكثيفة في مقاطعة بوسومتوي (Bosomtwe) بدولة غانا بفعل زيادة المساحات الزراعية ومساحات المجالات الحضرية، فيما وظفت شين¹⁴ بيانات الاستشعار عن بعد لرسم خرائط المميزات المادية للمساحات الخضراء الحضرية وإبراز بعدها الوظيفي والاجتماعي بمدينة بكين بالصين.

على مستوى المغرب، بلغ معدل التمدين حسب المندوبية السامية للتخطيط 60,3%¹⁵، إذ تتوسع أغلب المدن على حساب المساحات الخضراء الطبيعية وتلك المخصصة للزراعة. ومن المتوقع ان يرتفع الى 69% سنة 2035¹⁶. ولذلك، سنحاول في هذا العمل تسليط الضوء على أهمية تقنيات الاستشعار عن بعد في دراسة المساحات الخضراء بالمدن. ولتحقيق هذا الغرض، تم الاعتماد على عدة مؤشرات طيفية لرصد تطور المجال الأخضر وتقييمه بمدينة تازة خلال الفترة ما بين 2000 و2023، وعلى اختيار المؤشرات المناسبة بناء على النتائج التي تم تحصيلها.

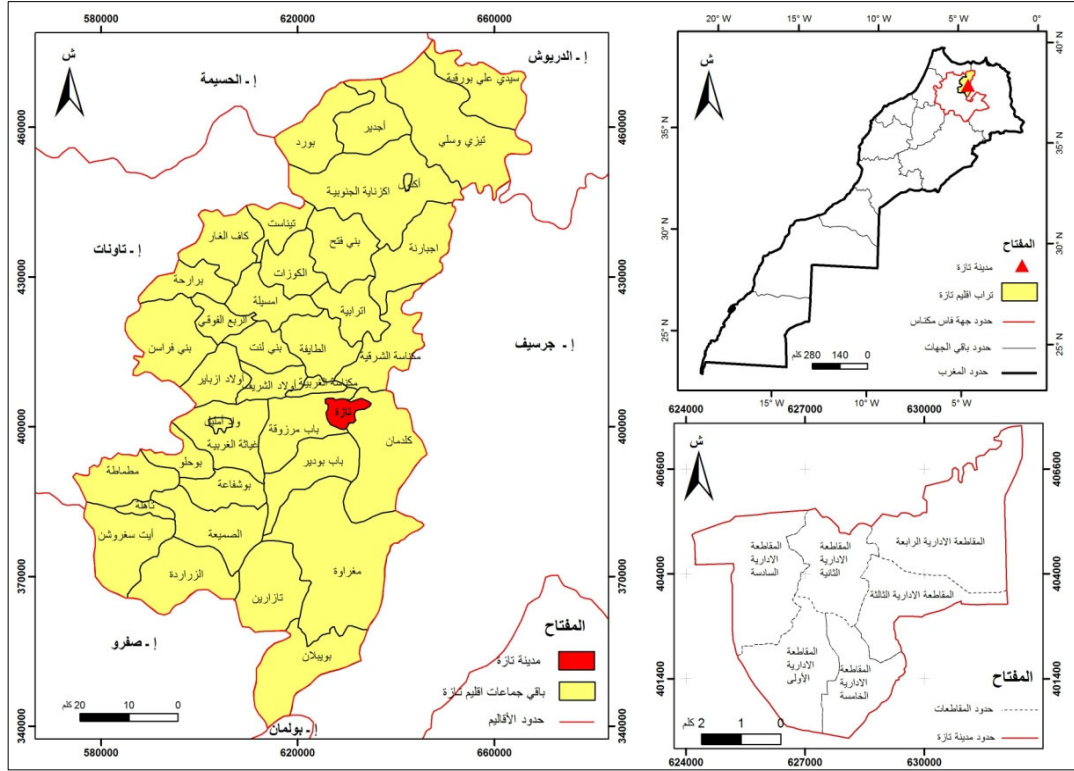
1. تقديم مجال الدراسة

تقع مدينة تازة على ممر (تازا) التاريخي، الذي يعد صلة وصل بين شرق المغرب وغربه، وبين وحدات تضاريسية متباينة الخصائص. تحدها جنوبا نهاية سلسلة جبال الأطلس المتوسط، وشمالا تلال مقدمة الريف، وشرقا سهول ملوية الشاسعة، وغربا هضبة الساييس. مكن الموقع الجغرافي تازة أن تكون أهم المدن بالنسبة إلى الدول المتعاقبة على حكم المغرب. وتكرس ذلك أكثر في عهد الاستعمار الفرنسي (1914)، الذي جعل منها عاصمة إقليمية بمهدف بسط النفوذ على الريف شمالا، حيث تمركز المقاومة بمثلث الموت (بوردي - أكنول - أجدير)، وبجزء مهم من الأطلس المتوسط جنوبا في إطار مشروع "مهمة تازة (la tâche de taza)". وبعد الاستقلال، وتحديد سنة 1959؛ اعتمدت المدينة "كعاصمة" لإقليم تازة الذي كان يضم المجالات المنضوية حاليا في إقليم



جريسيف. وبعد التقسيم الجهوي لسنة 2015 أصبحت المدينة تندرج في إطار جهة فاس- مكناس. تحيط بها جماعتين ترابيتين هما: باب مرزوقة من الشمال والغرب والجنوب، وكلدان من الشمال والشرق.

لوحة خرائط رقم 1: توطين مدينة تازة على المستوى الوطني والجهوي والمحلي



المصدر: خريطة التقسيم الإداري بالمغرب، 2015.

2. المنهجية والأدوات

لبلوغ مرامي هذه الدراسة، اعتمدنا عدة خطوات أساسية منها:

الخطوة أولى: عملنا على تحميل صور القمر الاصطناعي لاندسات 5 ولاندسات 8 اللتان تم التقاطهما في سنتي 2000 و2023، وفق الألبسويد العالمي الموحد (WGS84) وبإسقاط (UTM) من الموقع الإلكتروني لمعهد الدراسات الجيولوجية الأمريكي¹⁷.

الخطوة الثانية: انجزنا خريطتي استعمالات الأراضي الرئيسية للفترة المختارة، عبر تصحيح درجة الدقة التمييزية المجالية الخاصة بالصور بواسطة الموجة الثامنة، ليصبح كل بكسل منها يمثل 15 م² عوض 30م² في صورتها الخام، قبل أن تتم معالجتها بشكل موجه.

الخطوة الثالثة: اعتمدنا على النظم الجيومكانية في معالجة هذه الصور وحساب المؤشرات الطيفية التي اقتضت عليها هذه الدراسة.



الجدول رقم 1: المؤشرات المستخدمة في المقالة

المؤشر الطيفي	الاسم المختصر	الصيغة الرياضية	المراجع
مؤشر تباين الغطاء النباتي Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$	(Merra et al., 2015)
مؤشر الاختلاف الأخضر الطبيعي للغطاء النباتي Green Normalized Difference Vegetation Index	GNDVI	$GNDVI = \frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)}$	(Li et al., 2018)
مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة Soil Adjusted Vegetation Index	SAVI	$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED + L)} * (1 + L)$ L: 0,5 وهي قيمة تمت اضافتها لتوحيد تباين الانعكاسات الطيفية للأتربة المختلفة	(Huete. 1988)
مؤشر الفرق الطبيعي للأرض العارية Normalized difference bare lande index	NBLI	$NBLI = \frac{(R - TIR)}{(R + TIR)}$	(Rasul et al., 2018)
مؤشر جفاف الأراضي العارية Dry Bareness Index	DBSI	$DBSI = \frac{(SWIR1 - Green)}{(SWIR1 + Green)} - NDVI$	(Nguyen et al., 2021)
مؤشر الكلوروفيل Chlorophyll Index - Green	Cig	$Cig = \frac{(NIR)}{(Green)} - 1$	(Kanakano., 2019)
مؤشر فارق الرطوبة الطبيعي Normalized Difference Moisture Index	NDMI	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR1)}{(NIR + SWIR1)}$	(Vogelmann & Rock., 1988)

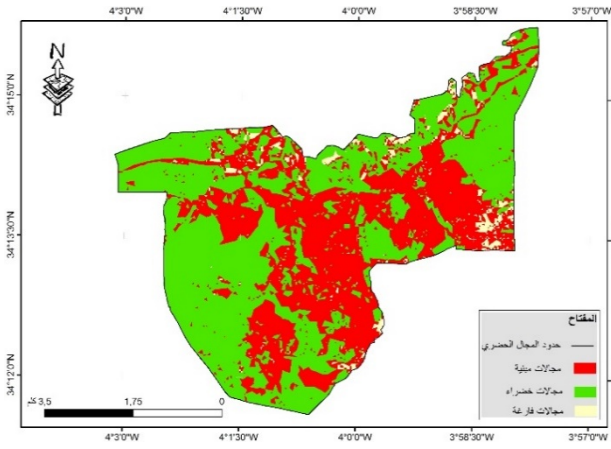
3. النتائج

تعرف مدينة تازة توسعا مضطردا، يعزى الى عدة عوامل، كما توضحه لوحة الخرائط الموالية:

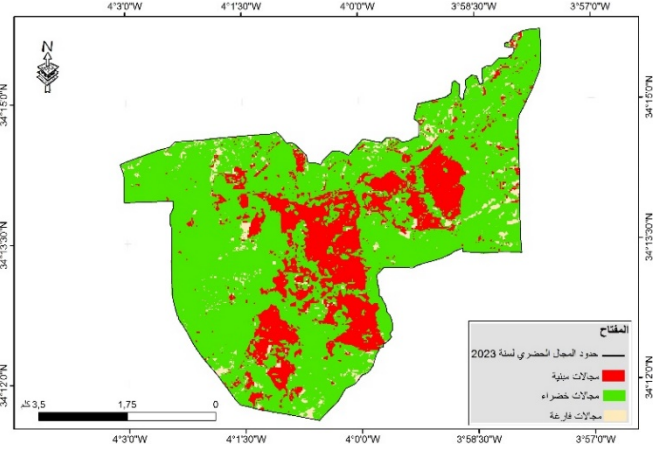


لوحة خرائط رقم 2: تطور استعمالات الأرض الرئيسية بمدينة تازة

سنة 2023



سنة 2000



المصدر: التصنيف الموجه لصور الاقمار الاصطناعية

ساهمت عدة عوامل في توسع مدينة تازة ومن أبرزها: تزايد أذواق الهجرة، وخاصة من الأرياف المحيطة بها، وتنامي الوظيفة الإدارية، وتشعب الوظائف الاقتصادية، حيث تشكل المدينة اليوم عاصمة أكبر تجمع حضري بإقليم تازة¹⁸.

الجدول رقم 2: تطور استعمالات الأرض بمدينة تازة ما بين 2000 و2023

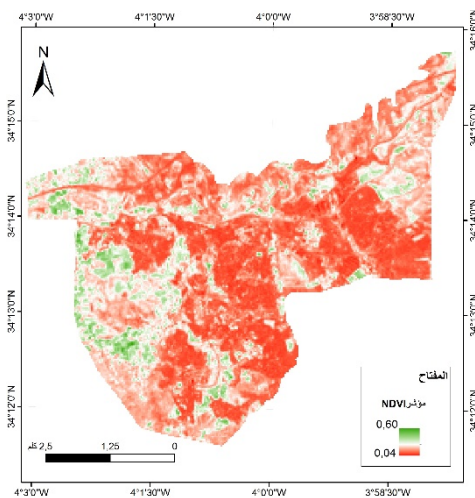
المساحة بالهكتار		المقصود بها	استعمالات للأرض
2023	2000		
1250	667,2	مباني السكن وبنائات الأنشطة التجارية والصناعية، الطرق المعبدة ...	مجالات مبنية
89,21	132,2	تربة عارية، مواقع الحفر، المساحات المفتوحة...	مجالات فارغة
1699,9	2244,2	الأشجار والأعشاب الطبيعية، الحدائق، المغارس، أراضي زراعية...	مجالات خضراء

المصدر: التصنيف الموجه لصور الاقمار الاصطناعية

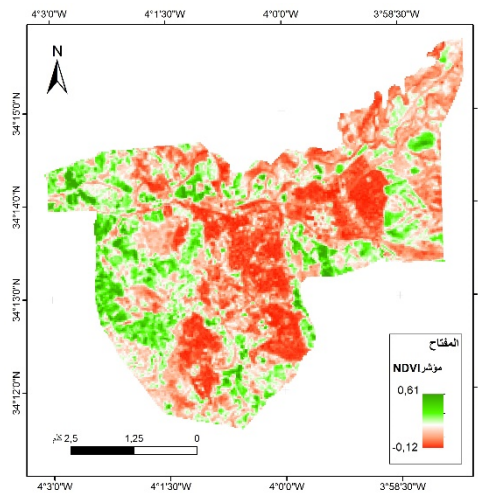
تظل أهمية المساحات الخضراء واضحة في مدينة تازة على الرغم من تراجعها من 2244,2 هكتار سنة 2000 إلى 1699,9 هكتار سنة 2023 بفعل امتداد توسع المدينة. وباعتبارها مكونا أساسيا للمشهد الحضري، فإنها تبقى جديرة بالتتبع والتقييم من خلال تطبيق مجموعة من مؤشرات لدراسة المساحات الخضراء بواسطة الاستشعار عن، كما تبينه الخرائط المولوية:



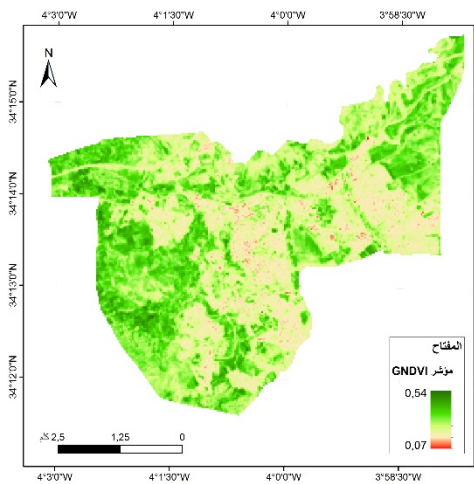
مؤشر NDVI سنة 2023



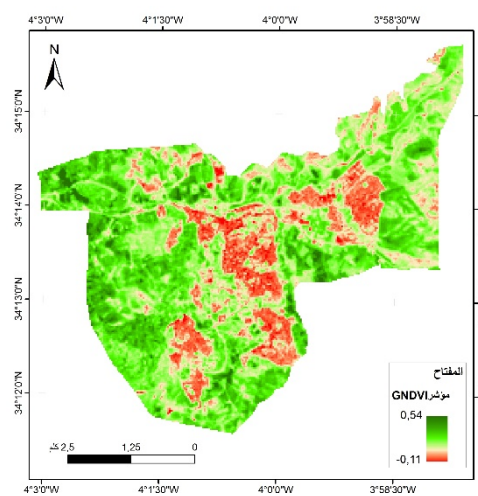
مؤشر NDVI سنة 2000



مؤشر GNDVI سنة 2023

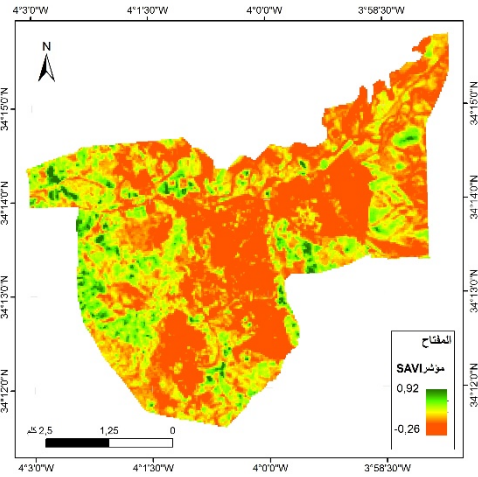
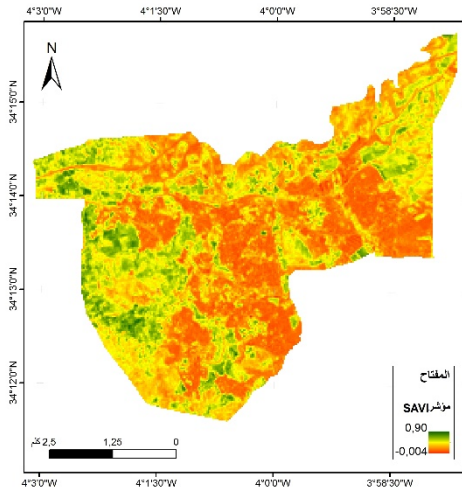


مؤشر GNDVI سنة 2000



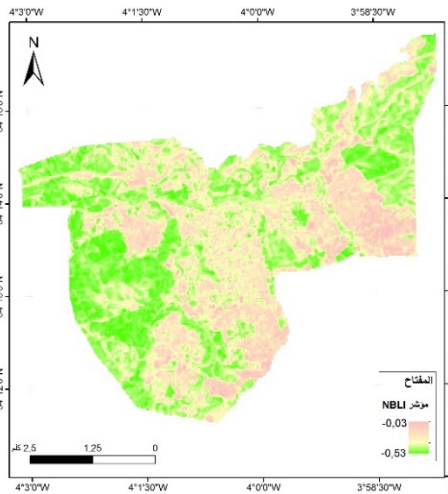
مؤشر SAVI سنة 2023

مؤشر SAVI سنة 2000

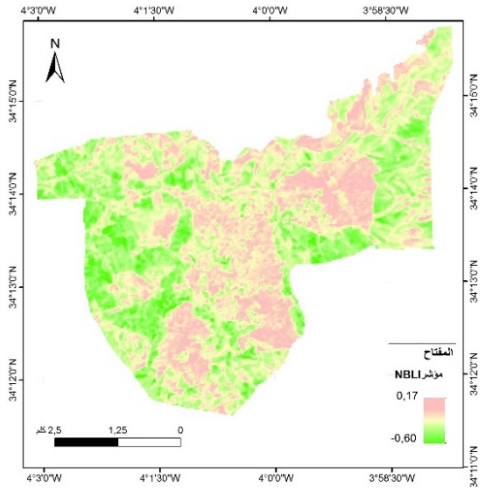


لوحة خرائط رقم 3: المؤشرات المستعملة في الدراسة

سنة 2023 مؤشر NBLI

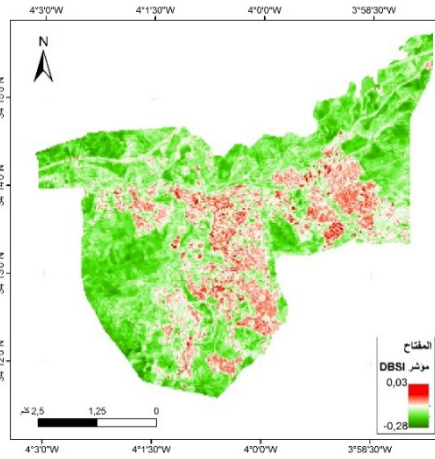


سنة 2000 مؤشر NBLI

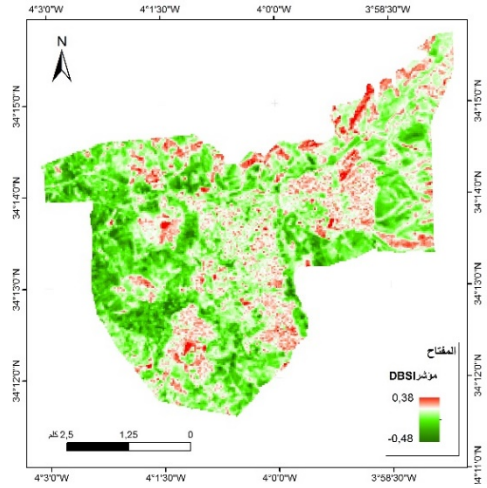


سنة 2023 مؤشر DBSI

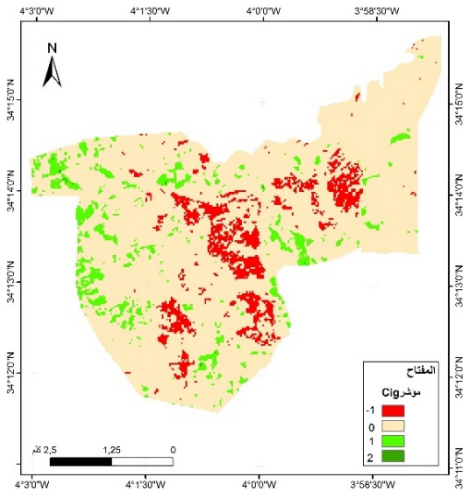
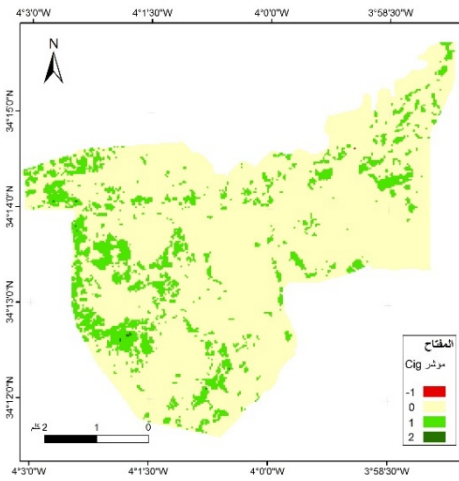
سنة 2000 مؤشر DBSI



سنة 2023 مؤشر Cig

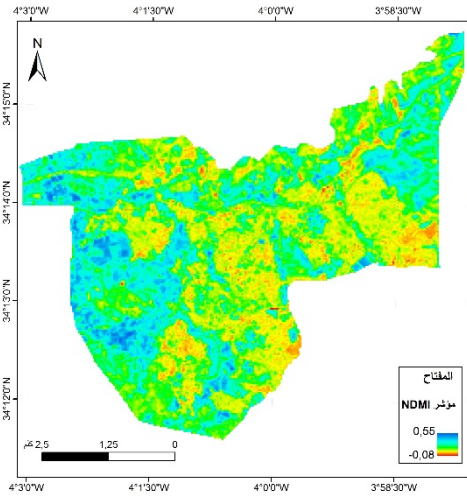


سنة 2000 مؤشر Cig

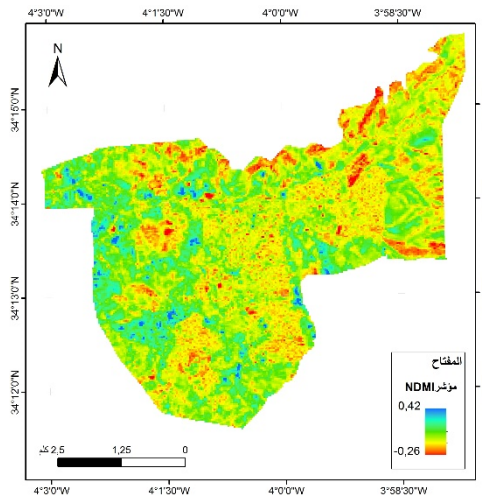




مؤشر NDMI سنة 2023



مؤشر NDMI سنة 2000



يمكن تفسير وتأويل النتائج المتوصل إليها من خلال قراءة الخرائط أعلاه والجدول رقم 3 على الشكل التالي:

بالنسبة لمؤشر **NDVI**: هو مؤشر كلاسيكي تم استخدامه لعقود لحساب مدى التغطية النباتية، تتراوح قيمته بين (1) و (1). وفي هذه الدراسة تراوحت قيمته ما بين (0,61) كقيمة قصوى و(-0,12) كقيمة دنيا خلال سنة 2000 قبل أن تنتقل الى (0,6) كقيمة أعلى و(0,04) كقيمة دنيا سنة 2023. ومن المنطقي أن تسجل أطراف المدينة اعلى المعدلات لضمها أراضي تشكل امتدادا لمجالها الأخضر.

بالنسبة لمؤشر **GNDVI**: يستعمل هذا المؤشر على نطاق واسع في الدراسات المرتبطة بالأراضي الزراعية والدراسات البيئية عموما، وهو مؤشر لتحديد مقدار امتصاص الغطاء النباتي للماء والنتروجين¹⁹. وقد سجل هذا المؤشر سنة 2000 أدنى قيمة له (-0,11)، وانتقلت في سنة 2023 إلى (0,07)، في حين ظلت القيم العليا مستقرة خلال الفترة نفسها (0,54). وتظهر الخريطة الخاصة به أن أعلى القيم سجلت في الناحية الغربية للمدينة؛ حيث مجال امتداد المغروسات والأراضي الزراعية، في حين سجلت أدنى المعدلات في المجالات المبنية (داخل أحياء المدينة).

بالنسبة لمؤشر **SAVI**: يستخدم هذا المؤشر لتصحيح سطوع التربة، وتتراوح قيمته ما بين (1) و(-1)، وعلى غرار باقي المؤشرات، تم تفسير نتائجه إلى خمس فئات (الجدول رقم 3)، بحيث تعبر القيم العليا على مجالات التشكيلات الشجرية التي تراجعت بشكل طفيف (0,92 سنة 2000 و0,9 سنة 2023)، مقابل تزايد فئة التشكيلات العشبية التي انتقلت من 0,33 سنة 2000 إلى 0,44 سنة 2023. أما باقي الأنواع الأخرى من الغطاء النباتي، فإنها تتوزع على القيم الضعيفة والضعيفة جدا.

بالنسبة لمؤشر **CIg**: يعد مؤشرا لتقدير محتوى الكلوروفيل في أوراق النباتات، وقد تم تقسيم المجال من خلاله إلى أربع فئات، وإن كانت نتائجه الممثلة على خريطة سنة 2000 غير معبرة. لكن في الخريطة الخاصة بسنة 2023 تنتشر فيها فئة (0) على نطاق



واسع، وهي الأراضي التي لا تضم الغطاء النباتي والأراضي المبنية. تليها فئة (1)، التي تنتشر كمساحة خضراء في المدينة، تليها فئة (2) والمنتشرة على شكل بقع مجهرية لغياب الغابات الذروية بمجال الدراسة.

بالنسبة لمؤشر **NDMI**: يستخدم هذا المؤشر لمراقبة حالات الجفاف والمجالات القابلة للحرق؛ بمعنى أنه يستخدم لتقييم محتوى الرطوبة في الغطاء النباتي. ومدينة تازة وجدنا هذا المؤشر يتراوح بين -0,26 و 0,42 سنة 2000، بينما في سنة 2023 تراوح ما بين -0,08 و 0,55 مع متوسط بلغ 0,08 سنة 2000 و 0,23 سنة 2023. ولقد تم تقسيم نتائج المؤشر الى 5 فئات منها: ضعيف جدا (-0,26 سنة 2000 و -0,08 سنة 2023)، ضعيف (-0,09 سنة 2000 و 0,07 سنة 2023)، معتدل (0,08 سنة 2000 و 0,23 سنة 2023)، قوي (0,25 سنة 2000 و 0,39 سنة 2023)، قوي جدا (0,42 سنة 2000 و 0,55 سنة 2023). وقد تم العثور على المعدلات المرتفعة من **NDMI** في المجالات الزراعية التي تنتشر فيها الأشجار المسقية، ويمكن تفسير الارتفاع الطفيف للمؤشر سنة 2023 في الاعتماد على السقي في بعض المجالات الزراعية في ظل توالي سنوات الجفاف، بينما القيم المنخفضة تعبر على الأراضي الجرداء.

بالنسبة لمؤشرا **NBLI** و **DBSI**؛ فإنهما لم يقدمتا نتائج مهمة في مدينة تازة، ويمكن الاعتماد على الفئات الضعيفة جدا والضعيفة منهما للتعبير عن التراجع النسبي للأراضي الجرداء.

الجدول رقم 3: توزيع نتائج تقييبي المؤشرات المستعملة

المؤشر	السنة	ضعيف جدا	ضعيف	معتدل	قوي	قوي جدا
NDVI	2000	-0,12	0,02	0,19	0,35	0,61
	2023	-0,3	-0,07	0,16	0,39	0,6
GNDVI	2000	-0,11	0,05	0,21	0,37	0,54
	2023	0,07	0,17	0,26	0,35	0,54
SAVI	2000	-0,26	0,03	0,33	0,63	0,92
	2023	-0,004	0,22	0,44	0,67	0,9
NBLI	2000	-0,6	-0,41	-0,21	-0,01	0,17
	2023	-0,53	-0,42	-0,29	-0,16	-0,03
DBSI	2000	-0,48	-0,26	-0,05	0,16	0,38
	2023	-0,28	-0,2	-0,12	-0,04	0,03
Cig						
NDMI	2000	-0,26	-0,09	0,08	0,25	0,42
	2023	-0,08	0,07	0,23	0,39	0,55

المصدر: تطبيقات على صور القمر الاصطناعي لاندسات، 2023.



4. مناقشة

تشكل الأراضي المكسوة بالغطاء النباتي (الطبيعي والزراعي) مجالا لامتداد أغلب المدن ببلادنا في ظل ارتفاع سومة العقار في مراكزها ووصول المجال المبني بها إلى درجة التشبع في كثير من الأحيان. كما تفرض مساطر التخطيط والاعداد الحضريين وجود مساحات خضراء بين المجالات المبنية. ومن هنا تأتي أهمية المجال الأخضر عموما في حياة المدينة وسكانها. في الواقع، فإن هذه المساحات الجديرة بالدراسة باعتماد الاستشعار عن بعد في المقاربة والتحليل، الهدف منها تسليط الضوء على تطور المساحات الخضراء بالمدينة من خلال تنويع المؤشرات.

تعتبر المؤشرات الطيفية التي تم توظيفها في هذا العمل من أبرز المؤشرات التي تستخدم في دراسة المساحات الخضراء؛ بحيث تتيح رصد وتتبع ووصف التغطية المكانية للغطاء النباتي. وبالرغم من النتائج التي قدمها مؤشر (NDVI) الكلاسيكي، فقد تم تعديل عيوبه في مؤشر (SAVI) الذي قدم نتائج أكثر دقة فيما يتعلق بتطور مساحة المجال الأخضر بمدينة تازة في الفترة ما بين 2000 و2023. هذا، وقد ساعدنا مؤشر (NDMI) في فهم وتتبع المحتوى المائي للنباتات في الفترة نفسها. في حين تم استخدام مؤشر (DBSI) و(NBLI) لوجود اراضي جرداء في المجال الحضري.



خاتمة

تعتبر تقنية الاستشعار عن بعد إحدى الوسائل المستعملة على نطاق واسع لدراسة تطور الغطاء النباتي عموماً والمساحات الخضراء بالوسط الحضري خصوصاً. كما قد تستهدف مساحات كبيرة، التي تتطلب الوقت والجهد، حيث تقدم نتائج قابلة للرصد والتحليل، ابعدها تعزيزها بالعمل الميداني بهدف إضفاء مزيداً من المصداقية والدقة عليها.

وقد خلص استعمال هذه التقنية في دراسة المساحات الخضراء بمدينة تازة خلال الفترة ما بين 2000 و2023 إلى قدرة بعض المؤشرات الطيفية على المساعدة في التتبع والرصد، رغم تراجع مساحة الغطاء النباتي أمام توسع المدينة، حيث أتى مؤشر (SAVI) في المرتبة الأولى مبيناً التزايد النسبي للتشكيلات العشبية، مقابل تراجع طفيف للتشكيلات الشجرية منها. وفي المقابل احتل المؤشر الكلاسيكي (NDVI) والمستخدم لعقود المرتبة الثانية. ولقد مكن مؤشر (NDMI) من تتبع رطوبة النباتات بالمجال الذي ابان ارتفاعه النسبي سنة 2023 عن توجه بعض الاستغلايات في المحيط إلى السقي للتكيف مع ظروف الجفاف. في حين أعطى كل من مؤشر (DBSI) ومؤشر (NBLI) فكرة عامة عن تراجع نسبي للأراضي الجرداء.

الهوامش:

¹ الموقع الإلكتروني لمنظمة الأمم المتحدة: <https://www.un.org/ar>.

² Du, H., Wang, D., Wang, Y., Zhao, X., Qin, F., Jiang, H., & Cai, Y. (2016). Influences of land cover types, meteorological conditions, anthropogenic heat and urban area on surface urban heat island in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration. *Science of the Total Environment*, 571, 461–470. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.012>

³ -الجزر الحرارية: هي صورة ترسمها عملية تسجيل درجات حرارة أعلى في المناطق الحضرية المبنية مقارنة بالمجالات المحيطة بها.

⁴ Cheng, Y., Wang, W., Ren, Z., Zhao, Y., Liao, Y., Ge, Y., Wang, J., He, J., Gu, Y., Wang, Y., Zhang, W., & Zhang, C. (2023). Multi-scale Feature Fusion and Transformer Network for urban green space segmentation from high-resolution remote sensing images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 124(October), 103514. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103514>

⁵ Zhou, D., Zhao, S., Zhang, L., & Liu, S. (2016). Remotely sensed assessment of urbanization effects on vegetation phenology in China's 32 major cities. *Remote Sensing of Environment*, 176, 272–281. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.010>

⁶ Merra Gandhi G and others, (2015), "Vegetation change detection using remote sensing and gis a case study of Vellore district", In *procedia computer science magazine*, N 57, INDIA.

⁷ Diaz-Gonzalez, F. A., Vuelas, J., Correa, C. A., Vallejo, V. E., & Patino, D. (2022). Machine learning and remote sensing techniques applied to estimate soil indicators – Review. *Ecological Indicators*, 135, 108517. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108517>

⁸ Shanmugapriya, P., S. Rathika, T. Ramesh and Janaki, P. (2019). Applications of Remote Sensing in Agriculture – A Review. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 8(1): 2270–2283.

⁹ عاطف معتمد عبد الحميد. (2008). أسس الاستشعار عن بعد. منشورات جامعة القاهرة، مصر.

10 عزة أحمد عبد الله. (2005). تطبيقات الاستشعار عن بعد في إدارة الأزمات والكوارث. ورد في "مجلة كلية التدريب والتنمية"، العدد 11، مصر.



- 11 Diaz-Gonzalez, F. A., Vuelvas, J., Correa, C. A., Vallejo, V. E., & Patino, D. (2022). Op.Cit.
- 12 Al-Harbi, K. M. (2010). Monitoring of agricultural area trend in Tabuk region – Saudi Arabia using Landsat TM and SPOT data. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 13(1), 37–42. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2010.07.005>
- 13 Appiah, D. O., Schröder, D., Forkuo, E. K., & Bugri, J. T. (2015). Application of geo-information techniques in land use and land cover change analysis in a peri-urban district of Ghana. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(3), 1265–1289. <https://doi.org/10.3390/ijgi4031265>
- 14 Chen, W., Huang, H., Dong, J., Zhang, Y., Tian, Y., & Yang, Z. (2018). Social functional mapping of urban green space using remote sensing and social sensing data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 146(November), 436–452. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.10.010>
- 15 رابط نتائج الاحصاء العام لسكان والسكنى لسنة 2014: <http://rgphentableaux.hcp.ma>
- 16 اللجنة الخاصة بالنموذج التنموي. (2021). مجموع المذكرات الموضوعاتية والرهانات والمشاريع المقترحة في إطار النموذج التنموي الجديد، الملحق رقم 2. 326 صفحة.
- 17 الموقع الإلكتروني للمعهد الأمريكي للدراسات الجيولوجية: www.earthexplorer.usgs.gov.
- 18 محمد الهشمي. (2023). مدينة تازة: البنية، الوظيفة وتنظيم المجال الجهوي. أطروحة لنيل الدكتوراه في الجغرافية البشرية، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، كلية الآداب والعلوم الانسانية سايس، فاس.
- 19 الموقع الإلكتروني لبرنامج ArcGis: [/https://pro.arcgis.com](https://pro.arcgis.com)