SmartCitiesWorld
REPORT | 2026

التوائم الرقمية والذكاء المكانـي:

من الحرم الجامعي الذكي إلى المدينة المغربية المستدامة

قراءة تحليلية وتوجيهية في تقرير SmartCitiesWorld لعام 2026
«التوائم الرقمية والذكاء المكاني من أجل المدن»

نحو مدن مغربية ذكية • مرنة • دامجة • مستدامة

بيانات موحّدة | قرارات أفضل | مستقبل مشترك

- عدالة مجالية وتنمية مستدامة
- كفاءات محلية وابتكار مُقتصد
- سيادة رقمية وحماية المعطيات
- ذكاء مكاني للتحليل والتنبؤ
- توأم رقمي حيّ للحرم والمدينة

انسجام مع النموذج التنموي الجديد للمغرب
وأفق 2030 لاستضافة كأس العالـم

2030 MOROCCO

بقلم:
يونس بوسلولو
مستشار في حكامة المدن الذكية والتحول الرقمي

ورقة تحليلية واستشرافية

التوائم الرقمية والذكاء المكاني

في خدمة المدينة المغربية المستدامة

— ✦ —

قراءة تحليلية وتوجيهية في تقرير
SmartCitiesWorld لعام 2026
«التوائم الرقمية والذكاء المكاني من أجل المدن»

دراسة استشرافية حول توظيف التوائم الرقمية والذكاء المكاني
في بناء مدنٍ مغربية ذكية ومرنة ومستدامة

— ✦ —

بقلم

يونس بوسلولو

مستشار في حكامة المدن الذكية والتحول الرقمي

16 يونيو 2026

انسجاماً مع النموذج التنموي الجديد · وأفق المغرب **2030**

محتويات التقرير

- مقدمة — التقرير في مرآة التوجّه الاستراتيجي المغربي — صفحة 4
- المحور الأول — من الحرم الجامعي الذكي إلى المدينة المستدامة — صفحة 5
- المحور الثاني — التوائم الرقمية في مواجهة التحديات السيادية — صفحة 7
- المحور الثالث — حكامة التنقّل والمرونة الحضرية — صفحة 9
- التوصيات الاستراتيجية — خارطة طريق لصنّاع القرار — صفحة 11

مقدمة

التقرير في مرآة التوجّه الاستراتيجي المغربي

يقدّم تقرير «SmartCitiesWorld» لعام 2026 مرافعةً منهجية مفادها أنّ التوائم الرقمية (Digital Twins) والذكاء المكاني (Spatial Intelligence) لم يعودا ترفاً تقنياً، بل أصبحا بنيةً تحتيةً معرفية للقرار الحضري. فالتوأم الرقمي، بوصفه نسخةً افتراضية حيّة لأصلٍ مادي أو منظومة عمرانية تتغذّى ببيانات آنية، يتيح للمدينة أن تنتقل من منطق «رد الفعل» بعد وقوع الخلل إلى منطق «الاستباق» الذي يحاكي السيناريوهات المستقبلية ويختبر السياسات قبل تنزيلها على أرض الواقع.

> ***"التوأم الرقمي لم يَعُد رفاهية تقنية، بل أصبح بنيةً تحتيةً معرفية لصناعة القرار الحضري."***

وما يجعل هذا التقرير بالغ الدلالة بالنسبة للمغرب هو أنّه، رغم تركيزه المُعلن على مدن أمريكا الشمالية وأوروبا، اختار أن تكون الحالة الدراسية المحورية فيه حالةً مغربية خالصة: تجربة جامعة محمد السادس متعددة التخصصات التقنية (UM6P) في بنجرير. وهذا الاختيار ليس تفصيلاً عابراً؛ فهو يضع المغرب في موقع **المُنتِج** لنموذجٍ قابل للتعميم لا في موقع **المتلقّي** للتقنية فحسب.

ويتقاطع جوهر التقرير تقاطعاً مباشراً مع الأفق الذي رسمه **النموذج التنموي الجديد** الذي أطلقه جلالة الملك محمد السادس سنة 2021، والرامي إلى بناء مغربٍ دامج وذكي ومستدام. فالركائز الثلاث التي يقوم عليها التقرير — كفاءة النقل، صلابة البنية التحتية، والعدالة المجالية في الخدمات — هي ذاتها التحديات التي يضعها النموذج التنموي في صميم رهاناته. كما أنّ السياق الراهن يضاعف من إلحاحية هذا النقاش: فالمغرب مقبلٌ على استضافة نهائيات كأس العالم 2030، وهو ورشٌ سيستلزم تأهيلاً عميقاً للبنيات الحضرية والنقل في الدار البيضاء والرباط وطنجة ومراكش وأكادير وفاس، ممّا يحوّل التوائم الرقمية من خيارٍ مستحسَن إلى رافعةٍ لا غنى عنها للتخطيط والتدبير الاستباقي.

تتناول هذه الورقة التقرير عبر ثلاثة محاور ثم تختم بتوصيات عملية موجّهة إلى المسؤولين وصنّاع القرار المحليين. ويوضّح الرسم التالي المنطق الناظم الذي يربط البيانات الحضرية بالقرار العمومي:

دورة القرار الحضري المبني على البيانات — حلقة مستمرة تُغذّي كل مرحلةٍ ما يليها

المحور الأول

من الحرم الجامعي الذكي إلى المدينة المستدامة

تفكيك التجربة

تُحوّل جامعة محمد السادس متعددة التخصصات التقنية حرمها في بنجرير إلى **«مختبر حي» (Living Lab)** عبر توأمٍ رقمي مدعومٍ بالذكاء الاصطناعي، في إطار رؤيتها لأفق 2030 الرامية إلى الريادة في التعليم العالي والبحث العلمي بإفريقيا. وقد عبّرت السيدة عواطف حيار، المستشارة العلمية برئاسة الجامعة، عن أنّ المشروع متناغمٌ صراحةً مع النموذج التنموي الجديد وهدفه في بناء مغربٍ دامج وذكي ومستدام.

تتمثّل عبقرية التجربة في **المقاربة المرحلية**: انطلقت من مبنى تجريبي واحد بمساحة تناهز 29 ألف متر مربع داخل حرمٍ يمتدّ على 75 هكتاراً. وقد اختير هذا المبنى لأنّه يجمع مرافق متنوّعة (مطاعم، قاعات دراسية، مكاتب، قاعات اجتماعات)، ممّا يجعله نموذجاً مصغّراً يُختبر فيه الافتراض ثم يُعمَّم بعد إثبات الجدوى على باقي الحرم، فعلى أحرام الرباط والعيون ثم إلى ما بعد ذلك.

انتقال التجربة: من المبنى التجريبي إلى الحرم فالمدينة فالشبكة الإفريقية

أمّا البنية التقنية فقد قامت على شراكةٍ تجمع شركات «Dell Technologies» و«NVIDIA» و«Akila» إلى جانب الكيان المكلّف بتدبير السحابة داخل الجامعة. والمفتاح المنهجي هنا — كما يشير ماتيو دي بروكا من شركة Akila — أنّ التحدّي الأول لم يكن إضافة مزيدٍ من المستشعرات، بل **توحيد البيانات المحبوسة أصلاً في أنظمةٍ منعزلة (Silos)** عبر «طبقة تجريد» (Abstraction Layer) تسمح للذكاء الاصطناعي بمعالجة المعطيات وإنتاج لوحات قيادة موحّدة ومراقبة الحرم آنياً. وداخل التوأم الرقمي، تتولّى وكلاء ذكاء اصطناعي (AI Agents) جمع وتحليل بيانات آلاف المستشعرات المتصلة بالمحرّكات الكهربائية وأنظمة التبريد والإنارة والتحكم في الولوج وجودة الهواء والسقي والأمن، بما يتيح رصد الأعطال والسلوكيات الشاذة قبل تفاقمها.

ومن الأبعاد الجديرة بالتأمل أنّ المشروع تبنّى مبدأ **«تعزيز قدرات الإنسان لا تعويضه»**: عند رصد عطلٍ تُنبِّه الفرق المختصة فوراً، مع إمكانية تجاوز المعدّة المعطوبة رقمياً وتفعيل نظام بديل («الخطة ب») لتقليص زمن التدخّل. وهذه الميزة بالغة الأهمية في بيئاتٍ محدودة الموارد البشرية، إذ تعمل الوكلاء الذكية على مدار الساعة، وهو ما ينفع تحديداً ليلاً أو في فترات تقليص الطاقم.

1. المستشعرات	2. توحيد البيانات (طبقة التجريد)	3. التوأم الرقمي
4. وكلاء الذكاء الاصطناعي	5. رؤى وإنذارات آنية	6. التدخّل والصيانة

دورة عمل التوأم الرقمي — من المستشعر إلى التدخّل، في حلقة مغلقة مستمرة

آليات النقل من «الحرم» إلى «المدينة»

يصرّح التقرير بأنّ الجامعة تعمل فعلياً مع عامل إقليم الرحامنة على بلورة رؤية مدينة ذكية لمدينة بنجرير الأوسع، انطلاقاً من قناعةٍ بأنّ **«الحرم الجامعي نموذجٌ مصغّر للمدينة»** وأنّ مقاربة التوأم الرقمي، حين تَثبُت جدواها، تصير قابلةً للتكييف مع البنيات الحضرية والمرافق العمومية. ومن هذه التجربة تُستخلص آلياتٌ خمسٌ قابلة للنقل إلى باقي المدن المغربية:

- **أولاً، اعتماد منطق المشروع التجريبي (Pilot):** تبدأ الجماعة الترابية بحيٍّ أو مرفقٍ واحد (محطة معالجة، شبكة إنارة، محور طرقي مزدحم)، فتُثبت المردودية بأرقامٍ ملموسة قبل التوسّع، ممّا يجعل طلب التمويل أكثر مصداقية.
- **ثانياً، تثمين البيانات الموجودة قبل اقتناء مستشعرات جديدة:** الكلفة الكبرى للجماعات لا تكمن في الأجهزة بل في تفكيك العزلة بين أنظمة الماء والكهرباء والنقل والتعمير، وربطها عبر طبقة موحّدة.
- **ثالثاً، بناء النظام البيئي للكفاءات بالتوازي مع التقنية:** استثمرت الجامعة في التكوين عبر إشراك مدرسة البرمجة «1337» وكلية الحوسبة لتكوين يدٍ عاملة محلية، وهي وصفةٌ يمكن أن تتبنّاها الجهات عبر شراكاتٍ مع الجامعات المحلية ومراكز التكوين المهني.
- **رابعاً، الحَوْكمة والثقة كشرطٍ مسبق:** نجاح المشروع رُبط بتطوّر التقنية والكفاءات والحَوْكمة في آنٍ معاً لا بالتقنية وحدها.
- **خامساً، فلسفة الابتكار المُقتَصِد (Frugal Innovation):** القائمة على «التفكير عالمياً والعمل محلياً»، أي تطوير حلولٍ تستجيب للحاجات المحلية مع بقائها قابلةً للتوسّع — وهي فلسفةٌ تناسب تماماً جماعاتٍ مغربية تشتغل ضمن سقوفٍ مالية محدودة.

المحور الثاني

التوائم الرقمية في مواجهة التحديات السيادية

◆ الماء: من التدبير الانفعالي إلى المحاكاة الاستباقية

يضع المغرب قضية الإجهاد المائي في صدارة تحدياته الوجودية في ظلّ سنواتٍ متتالية من الجفاف وتراجع الموارد. وقد جعلت تجربة UM6P من تدبير المياه أولويةً صريحة، اعتباراً للتحديات المتنامية لندرة المياه في البلاد. ويقدّم التقرير مساراتٍ تقنية قابلة للتبنّي:

- **على غرار تجربة مدينة كامبريدج البريطانية** التي طوّرت توأماً رقمياً لشبكة الماء والصرف الصحي يرصد معدّلات التدفّق ويكشف الشذوذات ويتوقّع أعطال الضغط، يمكن للمكاتب الجهوية المغربية المكلّفة بتوزيع الماء أن تقلّص الفاقد المائي عبر الكشف المبكر عن التسرّبات — وهو رهانٌ مباشر في بلدٍ كل قطرةٍ فيه ثمينة.
- **وعلى غرار توأم مياه الأمطار في كوبنهاغن** (المطوّر مع الجامعة التقنية الدنماركية ومكتب Ramboll) الذي يحاكي التساقطات ويحدّد المناطق الأكثر عرضةً للفيضان الحضري لتوجيه استثمارات البنية الخضراء، يستطيع المغرب أن يستبق مخاطر الفيضانات المفاجئة التي تضرب مدنه دورياً، ويوظّف المحاكاة لترشيد توزيع السدود التلية وأحواض الاحتجاز.
- **وعلى غرار توأم روتردام** الذي يخطّط لارتفاع منسوب البحر والعواصف، يمكن توظيف الذكاء المكاني في المناطق الساحلية المغربية الحسّاسة لحماية البنيات والسكان الأكثر هشاشة.

والجوهري أنّ التوأم الرقمي يحوّل تدبير الماء من ردّ فعلٍ على الأزمة إلى توقّعٍ للطلب وضبطٍ آنيّ للعرض، بما يخدم مباشرةً أهداف البرامج الوطنية للتزويد بالماء والريّ.

◆ الطاقة: كفاءةٌ في الاستهلاك وإدماجٌ للمتجدّد

يستهدف مشروع UM6P تقليص استهلاك الطاقة بنسبةٍ تتراوح بين 20 و30 في المائة، وهو رقمٌ دالٌّ على حجم الوفورات الممكنة. ويتقاطع هذا مع طموح المغرب الراسخ في رفع حصّة الطاقات المتجدّدة في مزيجه الكهربائي (هدف 52 في المائة من القدرة المركّبة في أفق 2030) عبر مركّبات كبرى مثل «نور» للطاقة الشمسية ومحطات الرياح.

20–30٪	52٪	≈50٪
خفض استهلاك الطاقة	**هدف الطاقات المتجدّدة**	**انخفاض تلوّث NO_2**
مشروع UM6P	بأفق 2030	لندن — منطقة ULEZ

غير أنّ التحدّي الحقيقي للمتجدّد هو **تقطّعه (Intermittency)** وصعوبة موازنة الشبكة. وهنا تتدخّل التوائم الرقمية: تجربة **بيتسبرغ** (بالشراكة مع جامعة كارنيغي ميلون) في توأمٍ رقمي للبنية الطاقية وشبكة الإنارة العمومية تتيح رصد سلامة المنظومة وتوقّع أعطال المعدّات والتخطيط لسيناريوهات الطوارئ كانقطاع التيار — درسٌ مباشر للمكتب الوطني للكهرباء في تدبير ذروة الطلب. أمّا تجربة **لاس فيغاس** (مع شركة Cityzenith) في توأمٍ للمباني العمومية يكشف أوجه عدم الكفاءة الطاقية ويطيل عمر الأصول، فتصلح نموذجاً لترشيد استهلاك المرافق العمومية المغربية من مستشفيات وإدارات وإنارة.

◆ السيادة الرقمية وحماية المعطيات: حجر الزاوية

تُعدّ هذه النقطة من أكثر دروس التقرير حسماً للسياق المغربي. فقد اختارت UM6P **استضافة الحلّ محلياً بالمغرب**، مع التشديد على أنّ السيادة على البيانات أولويةٌ قصوى وأنّ البيانات يجب أن تبقى داخل التراب الوطني وتُدار بشكلٍ سيادي تام. وربطت الجامعة ذلك صراحةً بالإطار القانوني الوطني لحماية المعطيات ذات الطابع الشخصي والهيئة الوطنية المشرفة عليه.

ويترجم هذا في المغرب إلى الامتثال للقانون 09.08 المتعلّق بحماية الأشخاص الذاتيين تجاه معالجة المعطيات ذات الطابع الشخصي، وللدور الرقابي للّجنة الوطنية لمراقبة حماية المعطيات ذات الطابع الشخصي (CNDP). والرهان هنا مزدوج: فهو من جهةٍ امتثالٌ قانوني وحمايةٌ للخصوصية تبني ثقة المواطن، ومن جهةٍ أخرى **رافعة سيادية واقتصادية** لبناء نسيجٍ وطني للسحابة ومراكز المعطيات والكفاءات، بدل تصدير أثمن مورد حضري — البيانات — إلى خوادم خارج الولاية القضائية الوطنية. وأيّ مشروع مدينةٍ ذكية مغربية لا يضع السيادة الرقمية في صلب تصميمه يبني على أساسٍ هشّ.

◆ من التحدّي إلى الحلّ: قراءة تركيبية

يلخّص الجدول التالي كيف تترجم التوائم الرقمية كلّ تحدٍّ سيادي إلى حلٍّ عملي، استناداً إلى المراجع العالمية الواردة في التقرير:

التحدّي الوطني	حلّ التوأم الرقمي	المرجع العالمي
ندرة المياه والفاقد المائي	الكشف المبكر عن التسرّبات وضبط الضغط	كامبريدج
الفيضانات الحضرية المفاجئة	محاكاة التساقطات وتوجيه البنية الخضراء	كوبنهاغن
هشاشة المناطق الساحلية	تقييم أثر تغيّر المناخ على الأحياء	روتردام
كفاءة الطاقة وموازنة الشبكة	رصد الأعطال وإدماج الطاقة المتجدّدة	بيتسبرغ / لاس فيغاس
السيادة على البيانات	استضافة محلية وامتثال للقانون 09.08	UM6P — المغرب

ويوضّح المخطط التالي مراحل تنفيذ مشروع التوأم الرقمي على المستوى المحلي، من التشخيص إلى الاستدامة:

مراحل تنفيذ مشروع التوأم الرقمي، من التشخيص إلى الحَوْكمة المستدامة

المحور الثالث

حكامة التنقّل والمرونة الحضرية

◆ دروس النماذج العالمية

يقدّم التقرير حصيلةً غنية من تجارب التنقّل القابلة للاقتباس في الجماعات الترابية المغربية، نوجزها في الجدول التالي ثم نفصّل تنزيلها:

المدينة	التطبيق	الأثر المحقَّق
دبلن	محاكاة توقيت إشارات المرور	انسيابية السير وسلامة الراجلين
هلسنكي	التنقّل كخدمة (MaaS)	تقليص استعمال السيارة الخاصة
لندن	اختبار منطقة الانبعاثات (ULEZ)	خفض تلوّث NO_2 بنحو النصف
باريس	توائم على مقياس الأحياء	تشجيع المشي والدرّاجة
نيويورك / مانشستر	كشف الأحياء المحرومة	تحقيق العدالة المجالية
هامبورغ / بوسطن	تنسيق أجهزة الطوارئ	استجابة أسرع للأزمات

وتتنوّع هذه التجارب بين **دبلن** (مع Bentley Systems ضمن مبادرة Smart Dublin) التي تحاكي أثر تغيير توقيت الإشارات قبل تطبيقه؛ و**هلسنكي** التي اعتمدت نموذج «التنقّل كخدمة» المدعوم بتوأمٍ شامل؛ و**لندن** (هيئة النقل TfL مع مركز التحليل المكاني بجامعة لندن) التي توقّعت إزاحة حركة السير قبل توسيع منطقة الانبعاثات المنخفضة جداً؛ و**باريس** (مبادرة «مدينة المستقبل») بتوائم على مقياس الأحياء. وفي بُعد العدالة، يكشف الذكاء المكاني في **نيويورك** و**مانشستر الكبرى** الأحياء المحرومة لتوجيه الاستثمار إليها، فيما توظّفه **هامبورغ** و**بوسطن** في تنسيق الاستجابة بين أجهزة الإطفاء والشرطة والصحة أثناء الطوارئ.

◆ التنزيل في الجماعات والجهات المغربية

تملك الجماعات والجهات المغربية، في ظلّ ورش **الجهوية المتقدّمة**، الصلاحيات التخطيطية التي تجعلها الفاعل الطبيعي لتبنّي هذه الأدوات. ويستند ذلك إلى المكوّنات الأساسية للذكاء المكاني التالية:

1. نظم المعلومات الجغرافية (GIS)	2. بيانات المستشعرات الآنية	3. النمذجة ثلاثية الأبعاد
4. المحاكاة التنبّؤية	5. طبقات ديموغرافية واقتصادية	6. لوحات قيادة موحّدة

مكوّنات الذكاء المكاني الأساسية الداعمة للقرار الحضري

- **فكّ الاختناقات المرورية** في الدار البيضاء والرباط وطنجة ومراكش، خاصةً مع استحقاق 2030 الذي يفرض تدفّقاً سلساً للجماهير والزوار.
- **اختبار التدخّلات قبل تنزيلها** (مسالك حافلات سريعة، ممرات درّاجات، تهيئة محاور): مقاربةٌ منخفضة الكلفة والمخاطر تجنّب الجماعة إنفاقاً عمومياً على مشاريع غير مدروسة.
- **العدالة في الولوج للنقل:** رصد الأحياء المحيطية والمناطق غير المهيكلة المحرومة من النقل العمومي وتوجيه الاستثمار إليها، انسجاماً مع البعد الدامج للنموذج التنموي.

- **المرونة في مواجهة الكوارث:** تقدّم تجربة زلزال الحوز سنة 2023 درساً مؤلماً في أهمية التنسيق الاستباقي بين الأجهزة؛ والتوأم الرقمي يوفّر للمدن المغربية المعرّضة للفيضانات والزلازل منصّةً موحّدة لتصوّر مناطق الخطر وتوجيه الإغاثة.

التوصيات الاستراتيجية

خارطة طريق لصنّاع القرار المحليين

استناداً إلى المحاور السابقة، نقترح تسع توصيات عملية، صُمّمت كبطاقات تنفيذية موجّهة إلى المسؤولين وصنّاع القرار المحليين:

1

اعتمدوا منطق المشروع التجريبي القابل للتعميم

ابدؤوا بمرفقٍ أو حيّ واحد، وأثبتوا الجدوى بأرقامٍ ملموسة (وفورات الطاقة، تقليص الفاقد المائي، انسيابية السير)ثم وسّعوا — على غرار مسار UM6P من مبنى واحد إلى الحرم فالمدينة.

2

وحّدوا البيانات الموجودة قبل اقتناء أجهزة جديدة

الأولوية لتفكيك العزلة بين أنظمة الماء والكهرباء والنقل والتعمير عبر طبقةٍ موحّدة، فالكلفة الكبرى في الربط لا في الاستشعار.

3

اجعلوا السيادة الرقمية شرطاً تأسيسياً

افرضوا استضافة بيانات المدن الذكية داخل التراب الوطني، بالامتثال للقانون 09.08 وتحت رقابة اللجنة الوطنية (CNDP)، مع بناء قدرةٍ وطنية في السحابة ومراكز المعطيات.

4

استثمروا في الكفاءات بالتوازي مع التقنية

أبرموا شراكاتٍ مع الجامعات المغربية ومراكز التكوين لبناء يدٍ عاملة محلية في الذكاء الاصطناعي والأدوات الذكية، أسوةً بإشراك UM6P لمدرسة «1337» وكلية الحوسبة.

5

وجّهوا التوائم الرقمية أولاً نحو الماء والطاقة

الكشف المبكر عن التسرّبات، وترشيد السقي، وتوقّع الطلب على الماء؛ وموازنة الشبكة الكهربائية وإدماج المتجدّد ورفع كفاءة المباني العمومية.

6

رسّخوا إطار العدالة المجالية في كل مشروع

استعملوا الذكاء المكاني لكشف المناطق المحرومة وتوجيه الاستثمار إليها، بما يجسّد البعد الدامج للنموذج التنموي الجديد.

7

أدمجوا التوائم الرقمية في التخطيط لاستحقاقات 2030

اعتبروا تأهيل النقل والبنيات للمونديال فرصةً لإرساء بنيةٍ رقمية دائمة لا منشآت ظرفية.

8

استثمروا UM6P كقطبٍ وطني وإفريقي لنقل المعرفة

عمّموا التجربة عبر منصّاتٍ وطنية للتبادل (على غرار جولة المدينة الذكية بالمغرب)، وانفتحوا على التعاون جنوب-

جنوب مع الدول الإفريقية.

9

طوّروا الحَوْكمة والتنسيق بين الأجهزة

أرسوا أطراً واضحة لحماية المعطيات وأخلاقيات الذكاء الاصطناعي والتنسيق بين القطاعات، فالمرونة الحضرية رهينةٌ بقدرة الأجهزة على العمل المنسّق وقت الأزمات.

> ***"القيمة لا تكمن في توفّر البيانات، بل في جعلها قابلةً للفعل؛ وحينها فقط تصير الجماعات الترابية أقدر على استثماراتٍ تخدم كل المواطنين — وهو جوهر مغربٍ دامج وذكي ومستدام.***