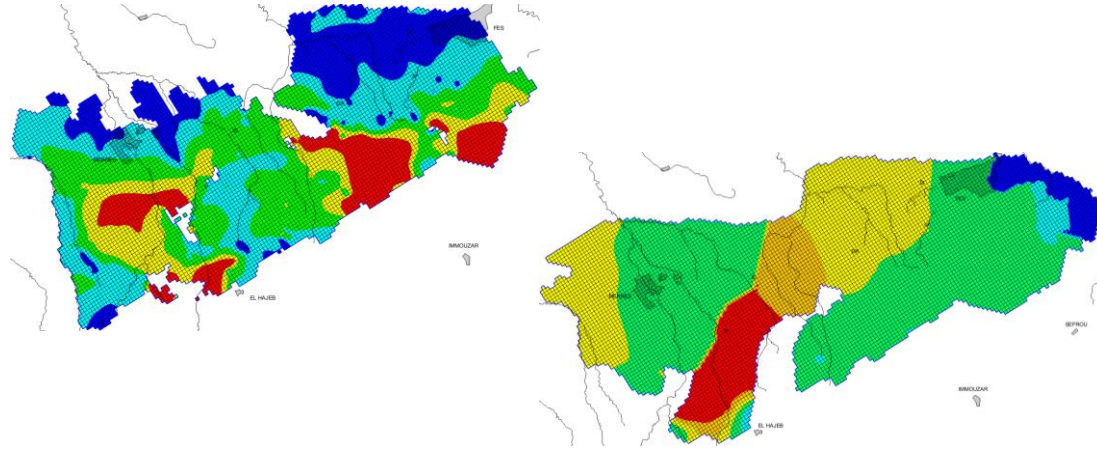


المملكة المغربية



وزارة التجهيز والماء

النمذجة الرياضية من أجل تدبير مستدام للموارد المائية الجوفية، دراسة الطبقة المائية لسايس



طه الغزلاني
رئيس مصلحة المياه الجوفية

مقدمة

حوض فاس-مكناس يتكون من طبقتين هامتين من المياه الجوفية. أولاً، الطبقة المائية الجوفية التي تتطور في التكوينات البليو-رباعية، ثم الطبقة الجوفية العميقة من اللياس، والتي تفصلها عن الطبقة الأولى طبقة سميكة من عمر الميوسين، تتكون أساساً من الطين الجيري. تتواصل هاتان الطبقتان مع بعضهما البعض بطريقتين:

- أولاً، على طول الحد الجنوبي، عند حافة هضبة الأطلس الأوسط، حيث يكون الميوسين غائباً أو أقل سمكاً، يحدث في بعض الأحيان أن يُلاحظ نفس المستوى البيزومتري في الطبقتين.
- ثانياً، نحو وسط وشمال منطقة الدراسة، تختلف الأحمال الهيدروليكية للتكوينين، لكن المصادر المهمة المنسوبة إلى الطبقة الجوفية العميقة من اللياس تشير إلى احتمال صعود المياه من اللياس عبر الفوالق التي تخترق الميوسين وتغذي الطبقة المائية الجوفية البليو-رباعية.

الطبقة المائية الجوفية السطحية

تُتكون الطبقة المائية الجوفية في حوض فاس-مكناس من كيانين منفصلين، مفصولين بطيئة عين توجطات: هضبة مكناس في الغرب وسهل سايس في الشرق.

على هضبة مكناس، يتكون التكوين المائي الرئيسي من الرمال الطينية، والحجر الرملي، والكونغلوميرات التي تعود أصولها إلى العصر البليوسيني. محليًا، تتدفق الطبقة المائية أيضًا في طبقة من الحجر الجيري، بسمك متوسط يصل إلى 20 مترًا في سهل سايس، يتكون التكوين المائي على النحو التالي:

- في الغرب من سهل سايس، تتدفق الطبقة المائية في الحجر الجيري البليوسيني (60 إلى 100 متر).
- في الشرق من سهل سايس، تتدفق الطبقة المائية في الكونغلوميرات الذي يركز مباشرة على الطين الجيري من العصر الميوسين.
- في الشمال، في حوض الضوايات بالغرب من فاس، يتكون الخزان المائي من سلسلة من الحجر الجيري الذي يركز على كونغلوميرات دقيقة كلسية دولوميتية بسمك قد يصل إلى 120 مترًا. تغطي هذه السلسلة رواسب رباعية مكونة من الطين.
- وأخيرًا، محليًا، تتدفق الطبقة المائية في بازالت متصدع من أصل رباعي (واد بطيط).

الطبقة العميقة

تتدفق الطبقة العميقة في حوض فاس-مكناس أساسًا في التكوينات الكربونانية من اللياس، وأحيانًا في الحجر الرملي والرمال والكونغلوميرات في قاعدة الميوسين المتحول الذي يعلو اللياس. عند الاتصال مع هضبة الأطلس الأوسط، تكون الطبقة حرة، ولكنها تصبح مشحونة شمالًا تحت الطين الجيري من العصر الميوسين.

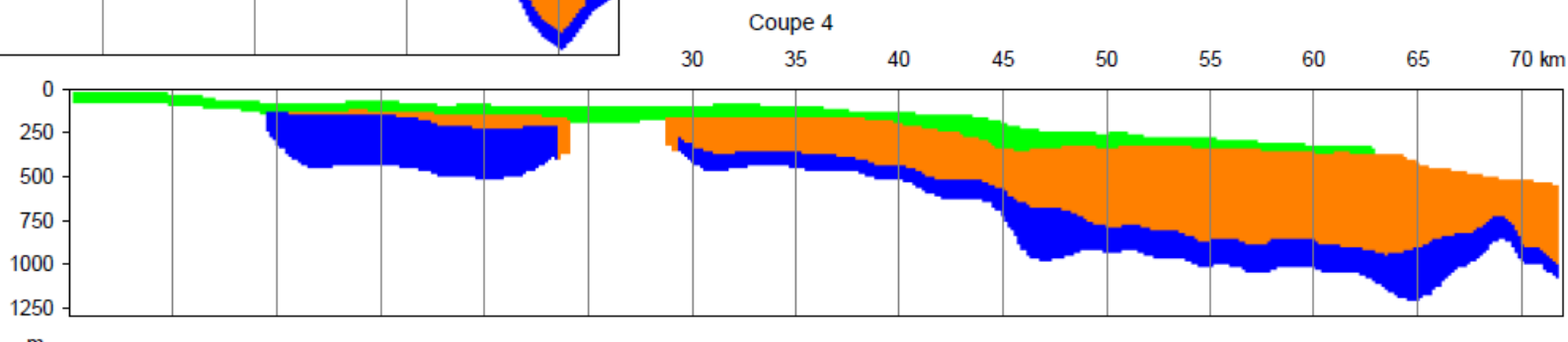
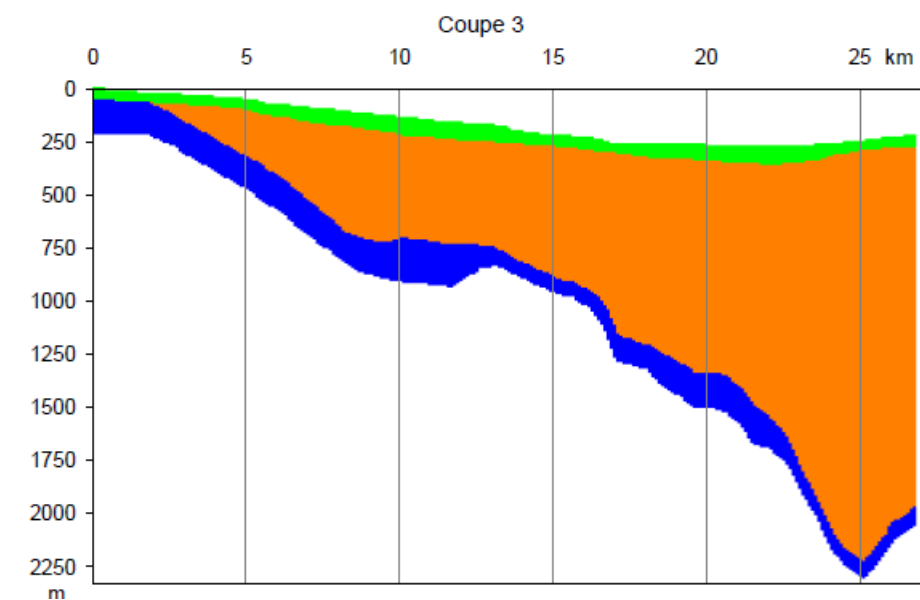
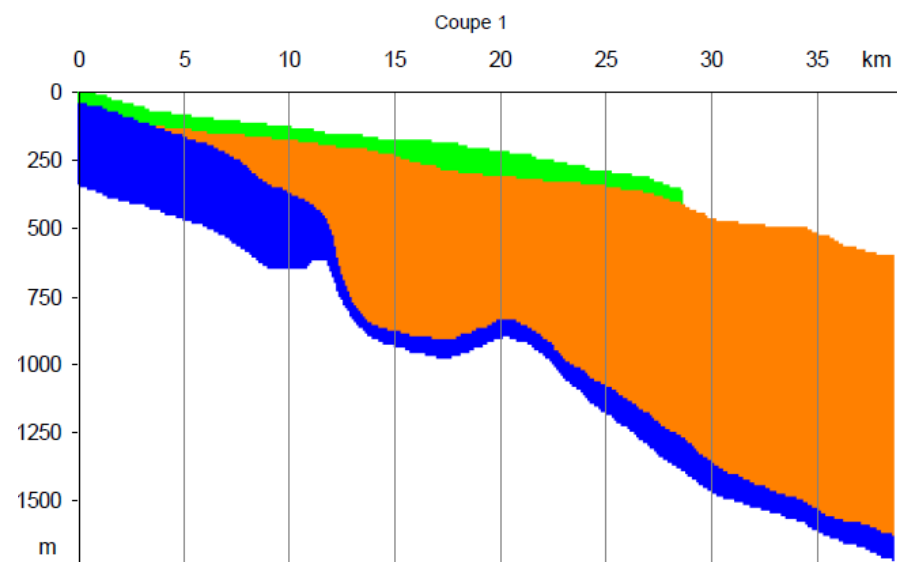
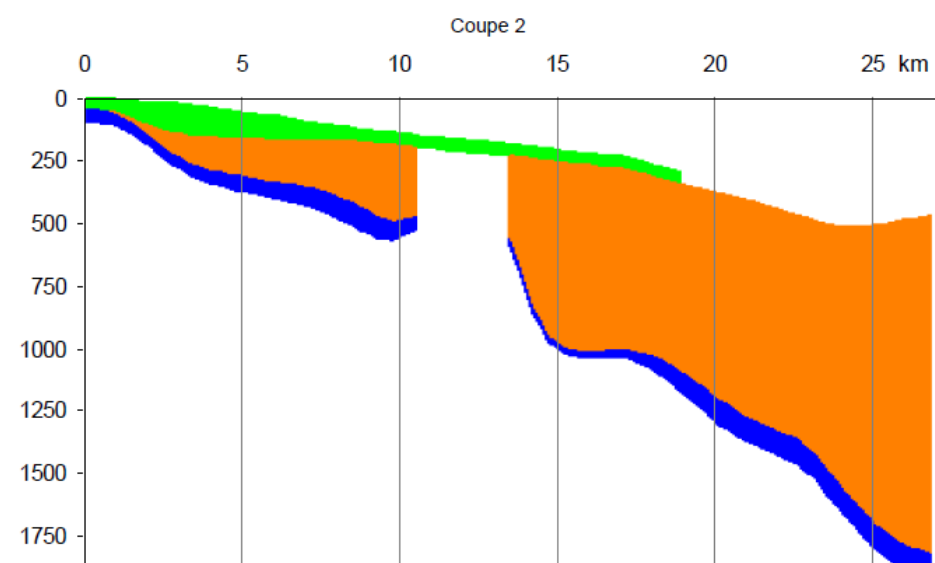
تم تلخيص الدراسات الجيوفيزيائية التي تم إنجازها بين عامي 1979 و 1987 في تقرير نشر عام 1989. حيث كشفت هذه الدراسات أن هيكل اللياس متأثر بشكل كبير بالفوالق التي قد تصل تحركاتها إلى مئات الأمتار. تؤدي هذه الفوالق إلى تمييز عدة وحدات في شكل هورستات وجرافينات، التي تُسمى "الألواح"، والتي تتميز بخصائص هيدروولوجية مختلفة.

التوزيع الشبكي للنموذج

نموذج النظام المائي الجوفي في سهل فاس-مكناس يتطلب استخدام نموذج متعدد الطبقات يمثل الوحدات الهيدرولوجية الرئيسية في الحوض. ينقسم النظام إلى طبقتين مائيتين رئيسيتين: البليو-رباعي والعصر اللياسي، مفصولين بتشكيل شبه نفاذ من الميوسين. تم اختيار شبكة متعددة الطبقات تحتوي على خلايا مربعة بمقاس 500 متر، مع 100 خط و173 عمودًا و3 طبقات، ويبلغ عدد الخلايا "النشطة" 18,194 خلية. يغطي النموذج منطقة بمقاس 86.5 كم × 50 كم

هندسة النموذج

تم تحديد هندسة النظام المائي بواسطة الارتفاعات الطبوغرافية لسطح الأرض، والارتفاعات لجدار المياه الجوفية السطحية في العصر البليو-رباعي، والارتفاعات لجدار المياه الجوفية في العصر الميوسين، والارتفاعات لجدار المياه الجوفية في العصر اللياسي. يتم تلقائيًا اعتبار كل طبقة كجدار للطبقة التي فوقها.



الشروط الحدية

■ الشروط الحدية لحوض اللياس:

حد ذو تدفق صفر على طول الحافة الجنوبية لريف، وفي الحافة الشمالية للنموذج، وكذلك على الحواف الغربية والجنوبية الغربية حيث لا توجد صخور الحجر الجيري الدلميتية لللياس.

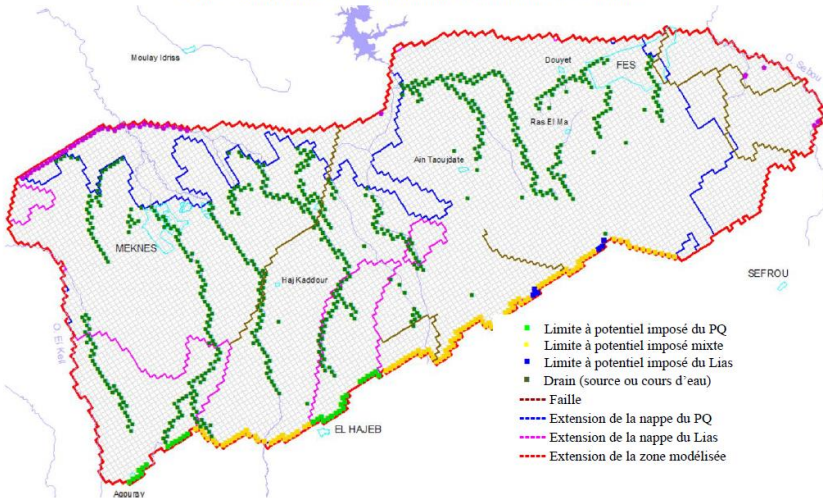
حد تدفق مفروض في الشمال الغربي للنموذج لتمثيل تدفق خارجي من النظام المائي.

حد ذو تدفق صفر في الشمال الشرقي للنموذج حيث يمر وادي سبو عبر الطين الميوسين حتى التقاءه مع وادي يهودي.

حد ذو تدفق صفر في الجنوب الغربي من الحاجب والشمال الغربي من صفرو، مع وجود الصخور الطينية للبرمو-ترياس.

حد ذو إمكانات مفروضة عند أقدام جبال أغوراي والحاجب حيث تظهر مصادر دائمة تدل على التشبع الدائم للحجر الجيري اللياسي.

Figure 3 : Conditions aux limites du modèle du système aquifère de Fès-Meknès



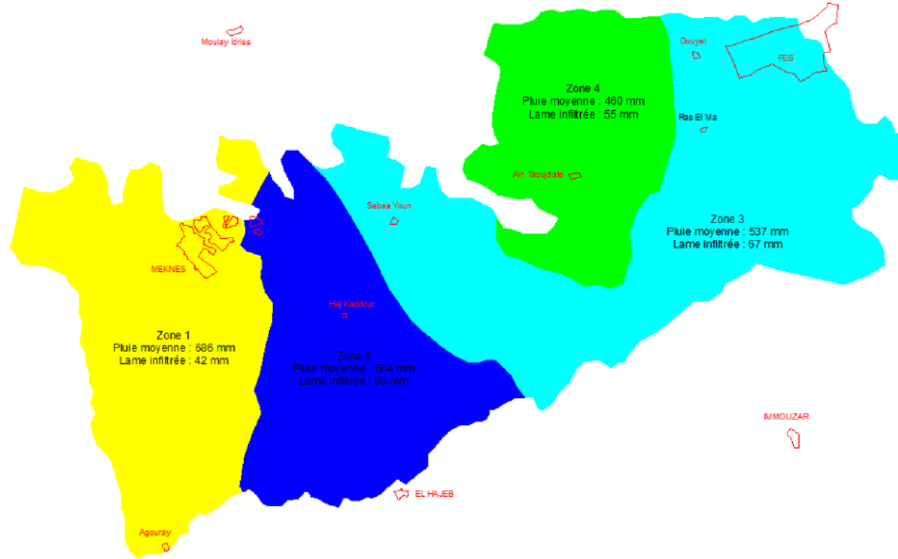
■ الشروط الحدية لحوض البليو-كوارتيني:

- حد تدفق مفروض على الحافة الجنوبية لتمثيل تغذية هذا التكوين عبر الاتصال مع جبال الأطلس المتوسط.

- حد تصريف أو تدفق صفر على جميع الحواف الأخرى للنموذج.

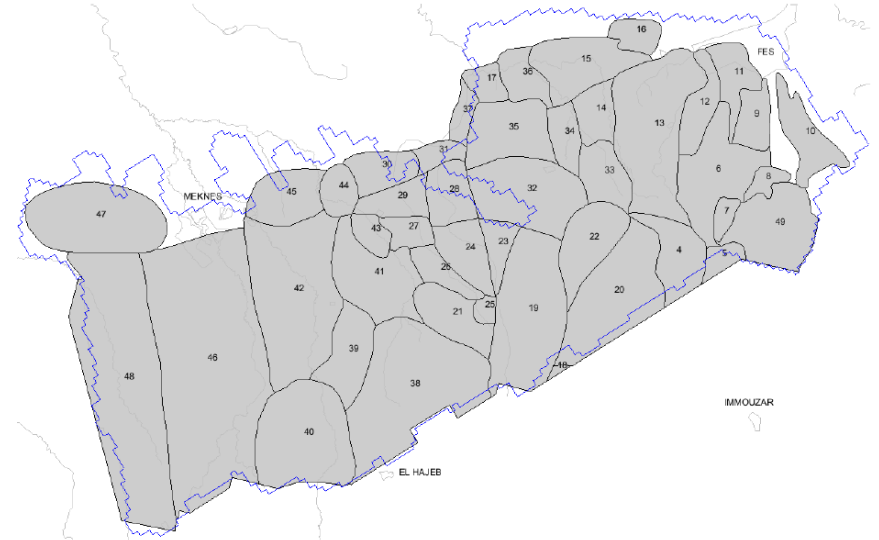
التغذية من الراشح

Figure 4 : Zones de recharge par l'infiltration des eaux de pluie



التغذية من تسرب مياه الأمطار:

Figure 5 : Les zones d'irrigation dans la plaine de Fés-Meknès



التغذية من تسرب مياه السقي:

معايرة النموذج

Figure 7 : Distribution des perméabilités de l'aquifère profond à l'issue du calage en régime permanent (en m/s)

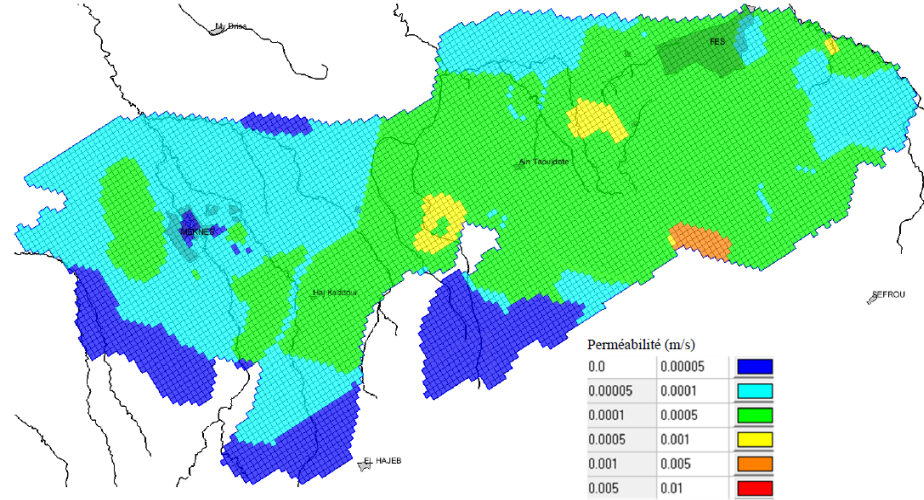
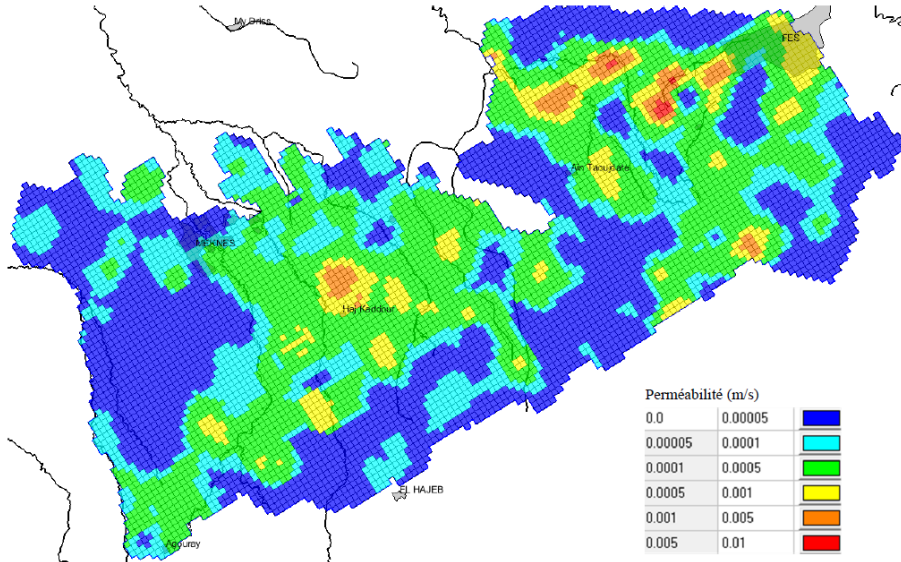


Figure 6 : Distribution des perméabilités de l'aquifère superficiel à l'issue du calage en régime permanent (en m/s)



معايرة النموذج

Figure 8 : Corrélation entre les charges simulées et observées pour la nappe du Plioquaternaire

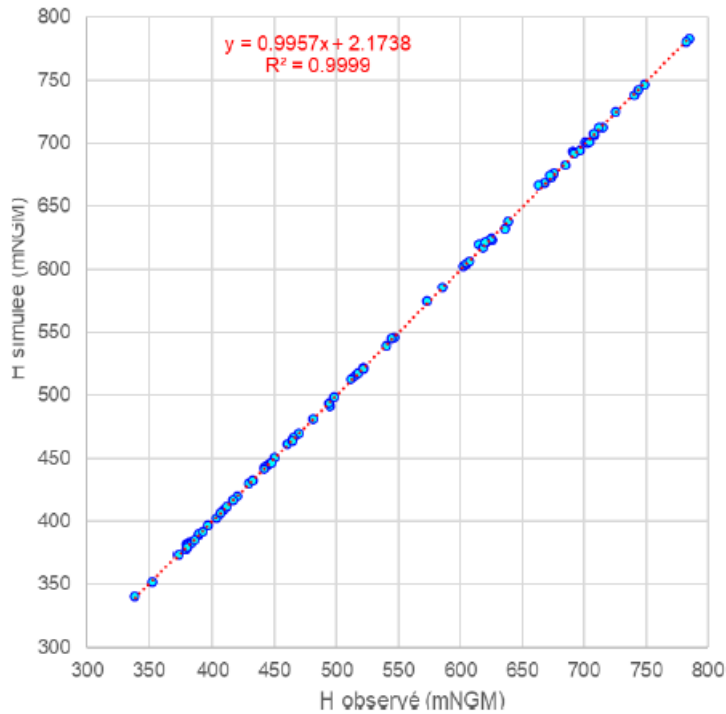


Figure 9 : Corrélation entre les charges simulées et observées pour la nappe d

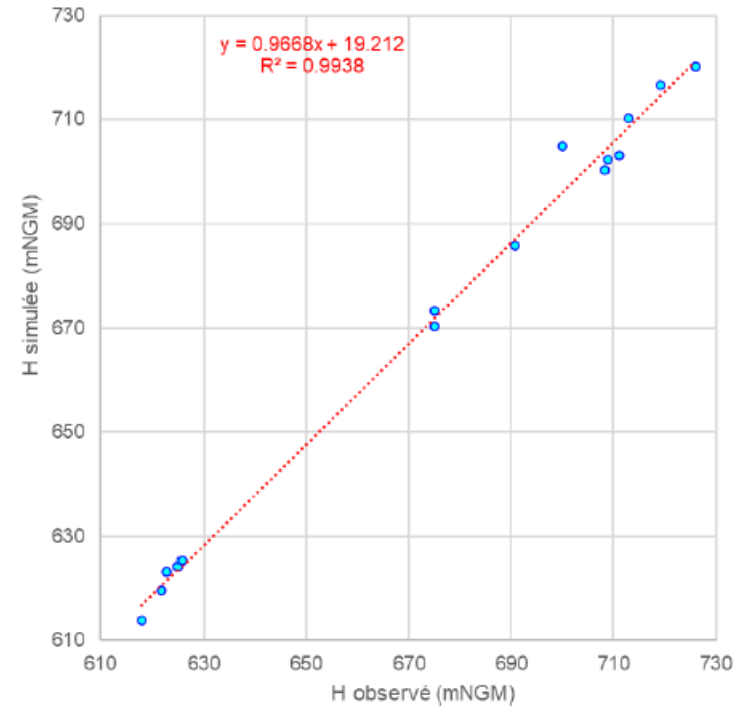
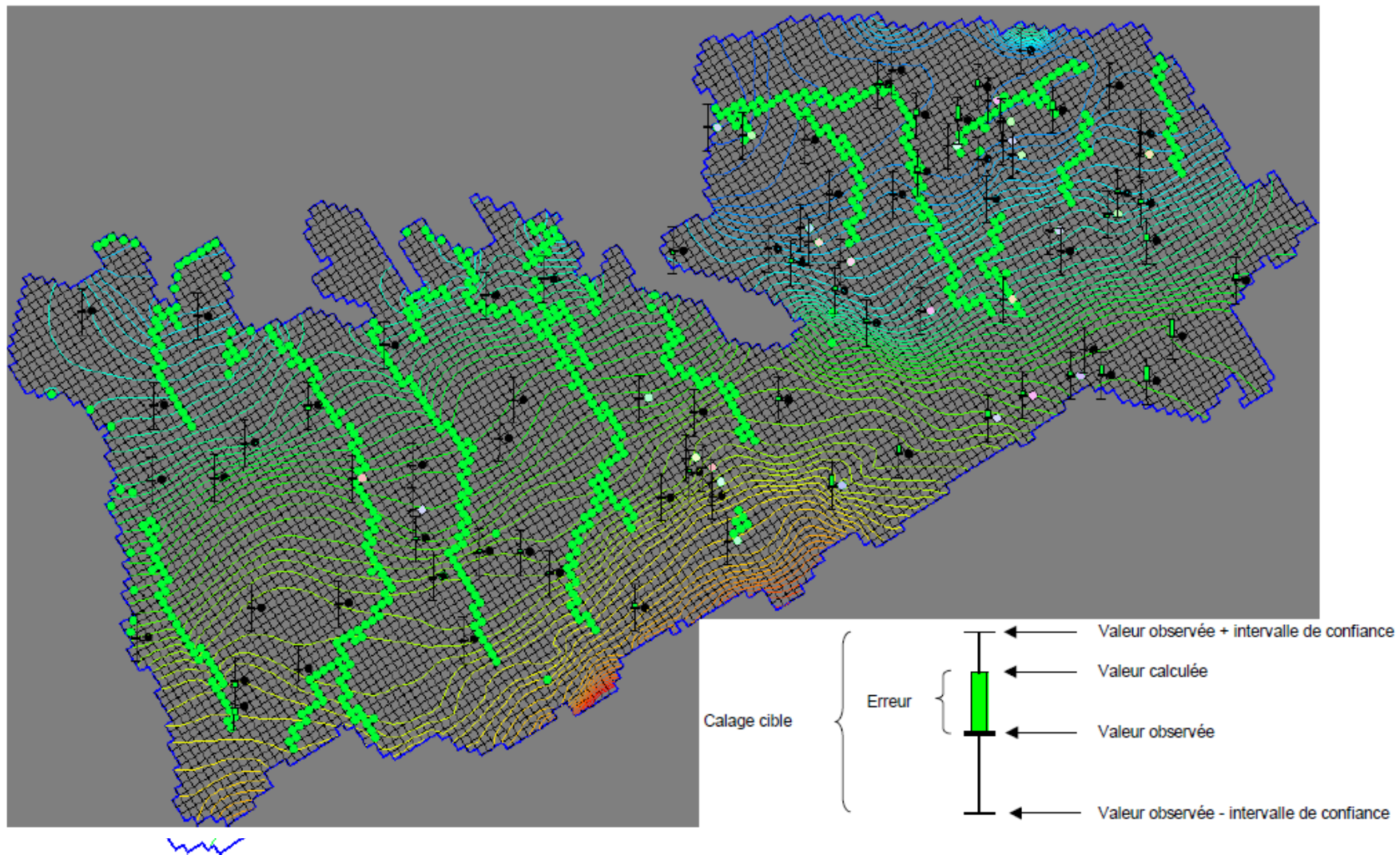


Figure 10 : Piézométrie simulée en régime permanent du Plio-Quaternaire et points d'observation



الموازنة المائية

Tableau 12 : Bilan global des entrées et sorties en régime naturel

	En m ³ /s	En Mm ³
Entrées		
Abouchement et apports profonds	6.9	218
Infiltration des eaux de pluie	3.7	117
Infiltration des eaux d'irrigation et des canaux	3.3	104
Total des entrées	13.9	438
Sorties		
Sortie au NO du panneau de Meknes	0.1	3
Sources et cours d'eau	13.8	435
Total des sorties	13.9	438
Bilan	0	0

النظام غير المستقر

تمت محاكاة الفترة الممتدة من عام 1975 إلى 2022 بخطوة زمنية سنوية بعد إدخال معطيات الترسيبات المطرية و مياه السقي، معدلات الضخ من الطبقتين المائيتين، تطور صبيب العيون، مسامية الطبقات الجوفية

Figure 16 : Comparaison entre chroniques piézométriques observées et calculées

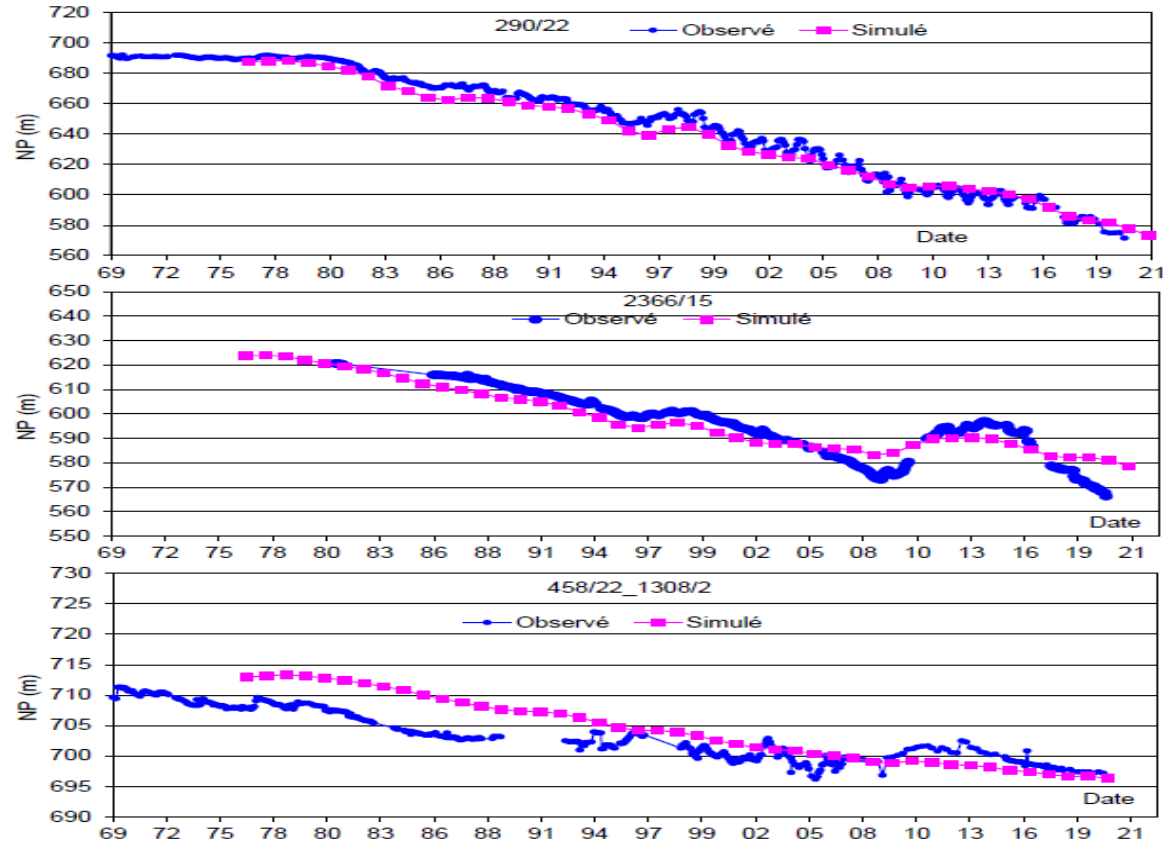


Figure 17 : Cartes des isopièzes de la nappe du PQ en 2022

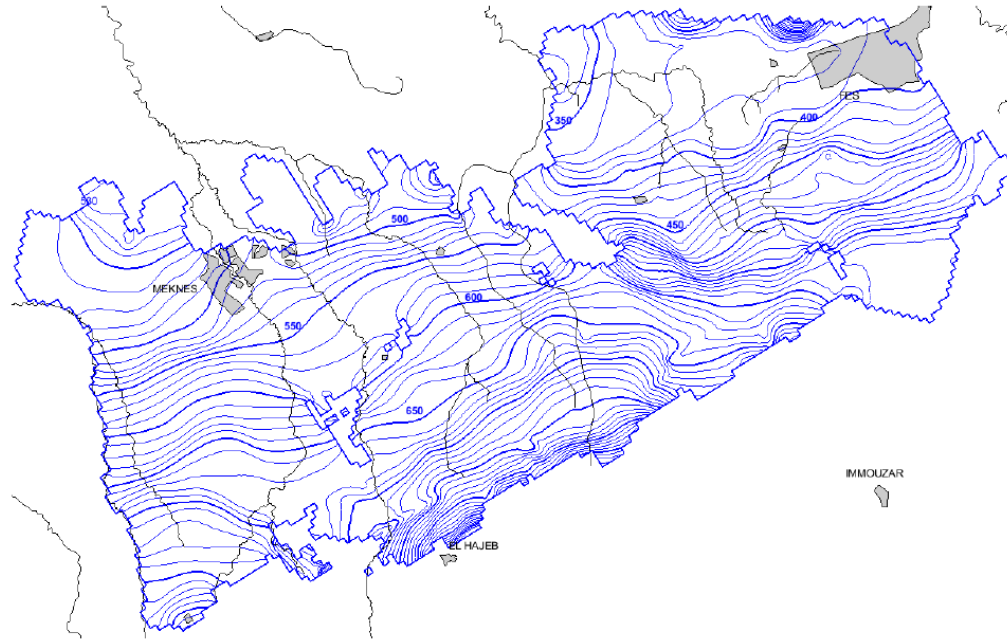


Figure 19 : Rabattement de la nappe du PQ entre 1975 et 2022

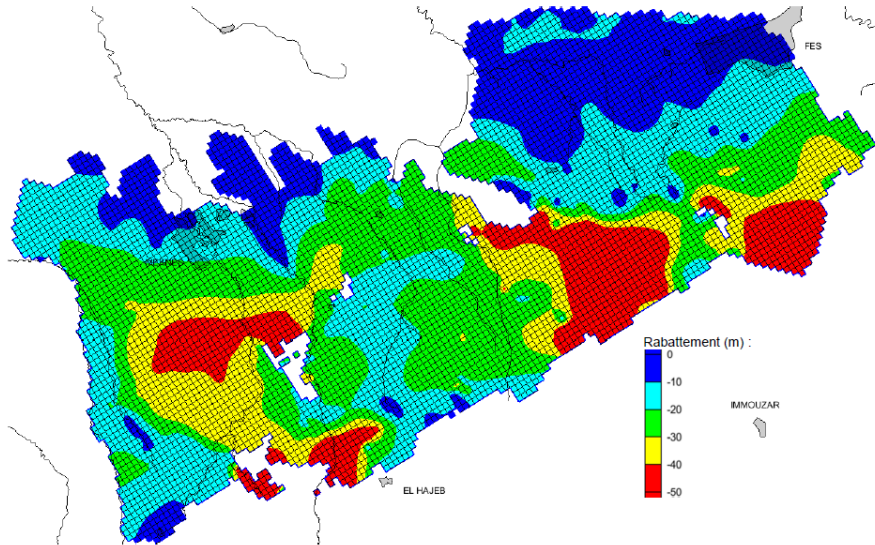
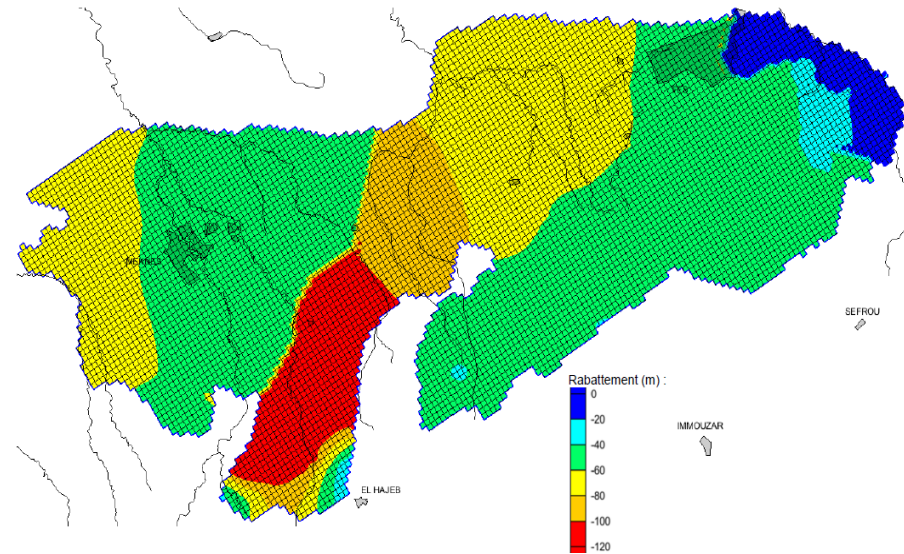


Figure 20 : Rabattement de la nappe du Lias entre 1975 et 2022



حالة الوضع الراهن والآثار المترتبة

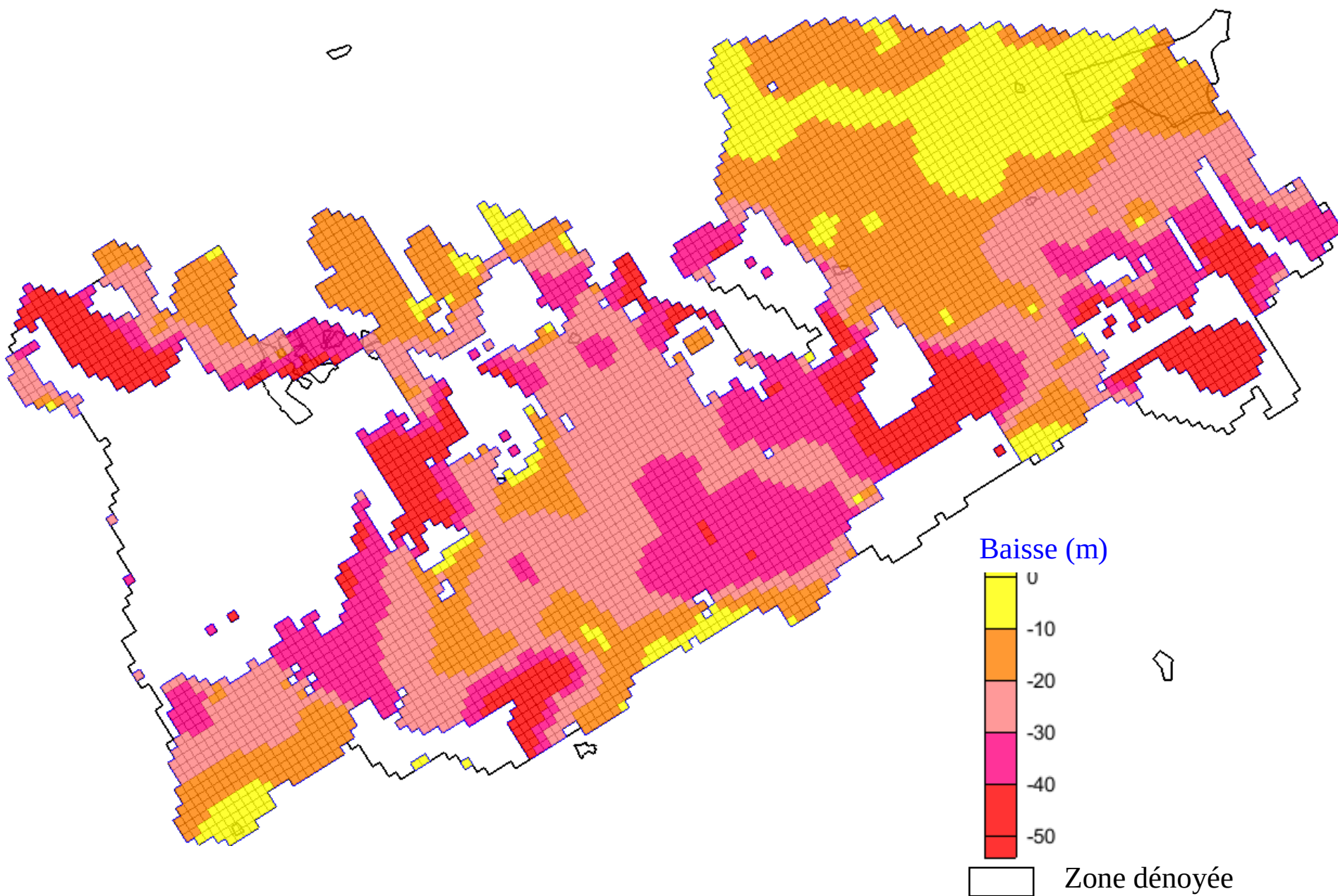
- ❖ تطور عمليات السحب الزراعي وتأثيراتها
- السحب الزراعي: 300 مليون متر مكعب سنويًا لري مساحة 60,000 هكتار
- عدد الآبار الزراعية: أكثر من 12,000 بئر
- السحب لمياه الشرب 70 مليون متر مكعب
- زيادة مستمرة في المساحات الزراعية الخاصة
- ❖ مؤشرات متعددة على الاستغلال المفرط:
- انخفاض مستمر في مستويات المياه الجوفية
- تراجع وانخفاض منطقة التدفق الارتوازي
- انخفاض وتوقف تدفق الأنهار والينابيع
- تفاقم العجز ليصل حاليًا إلى 137 مليون متر مكعب

تحليل التوجهات

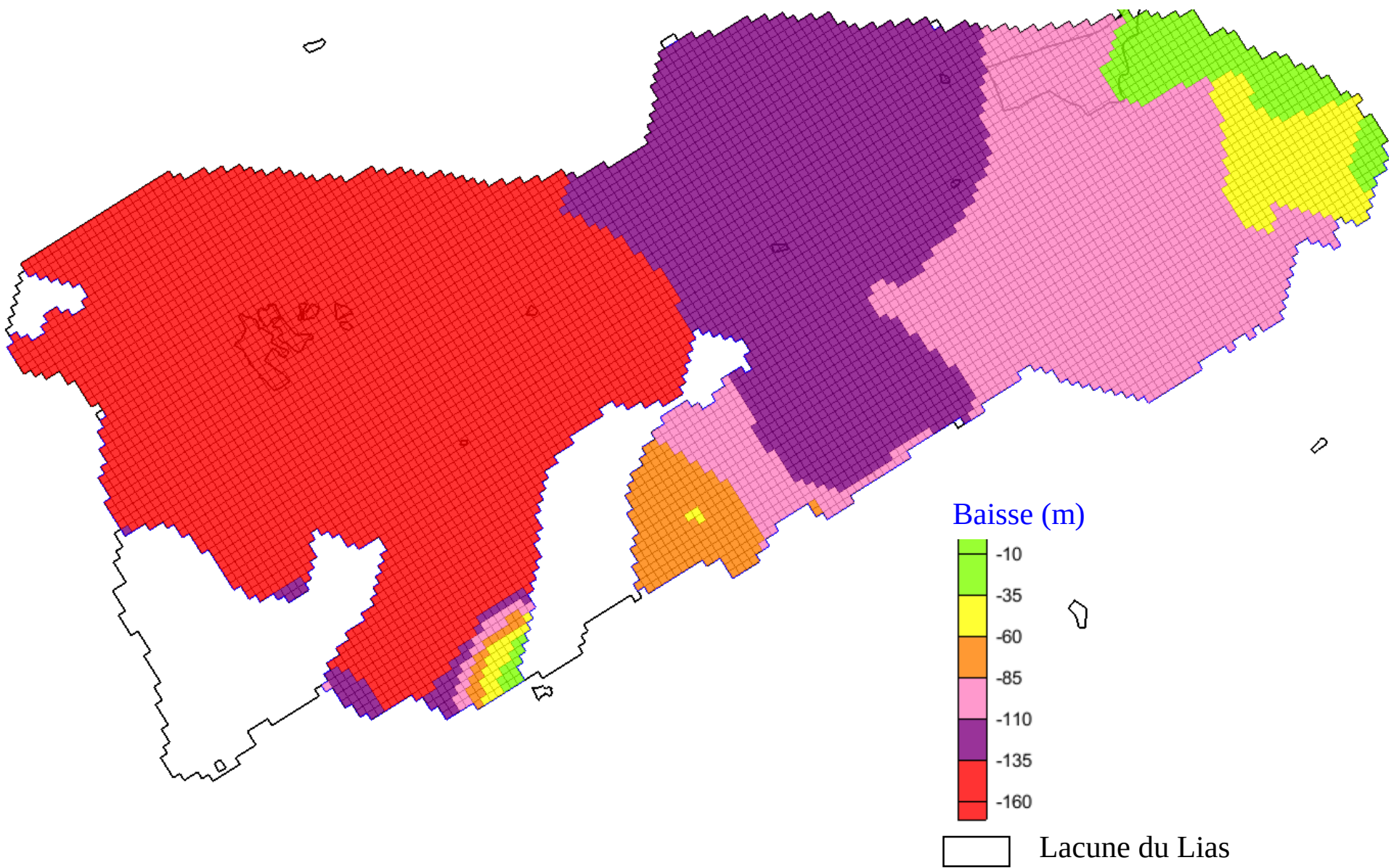
السيناريوهات المحاكاة للفترة 2050-2020

- السيناريو الأول : الظروف الحالية
- السيناريو الثاني : الظروف الحالية مع التغير المناخي
- السيناريو الثالث : سيناريو الحفظ
- السيناريو الرابع : الحفظ مع التغير المناخي
- السيناريو الخامس : الحفظ مع التغير المناخي وإمدادات مياه الشرب

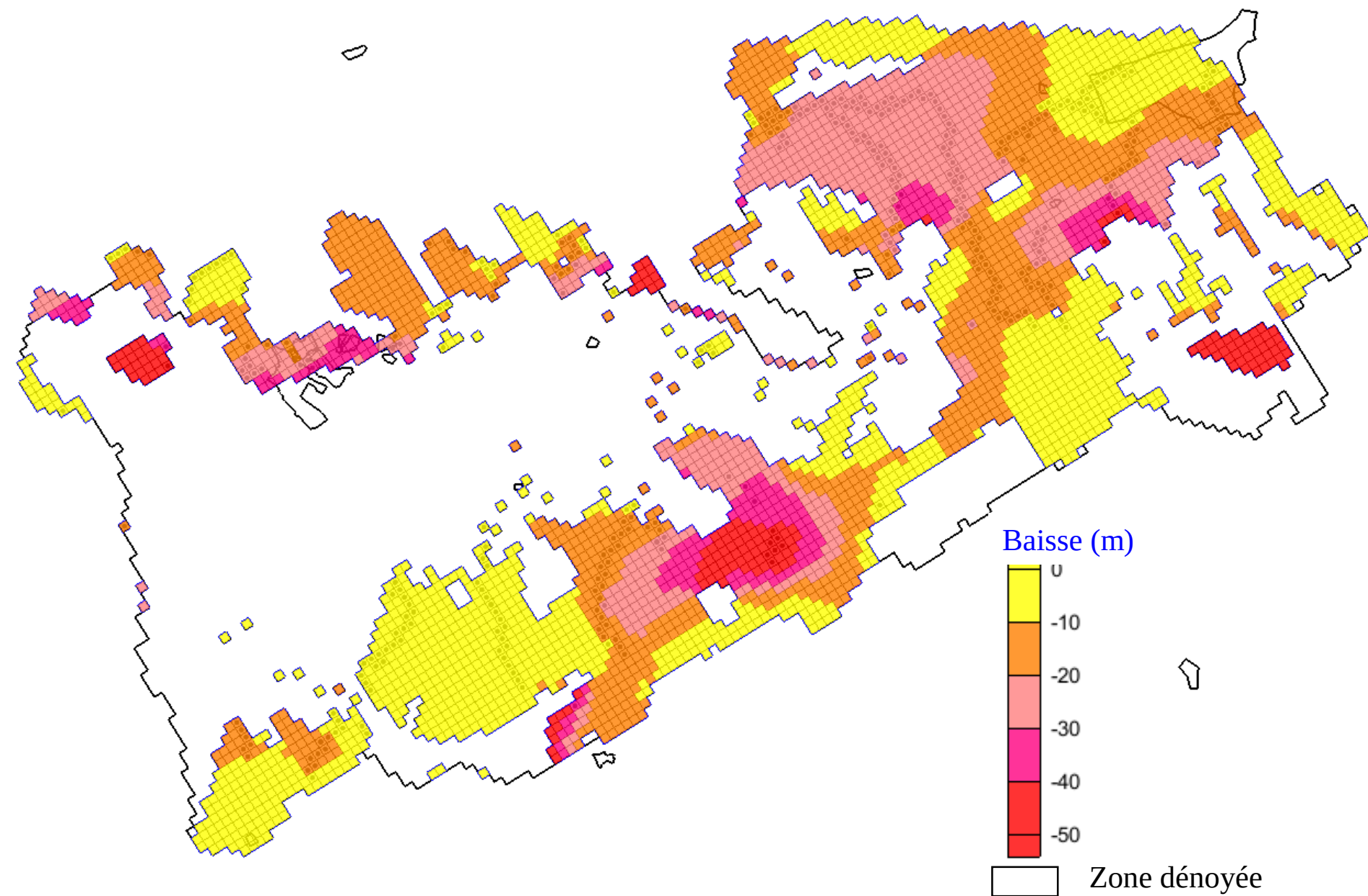
السيناريو الأول



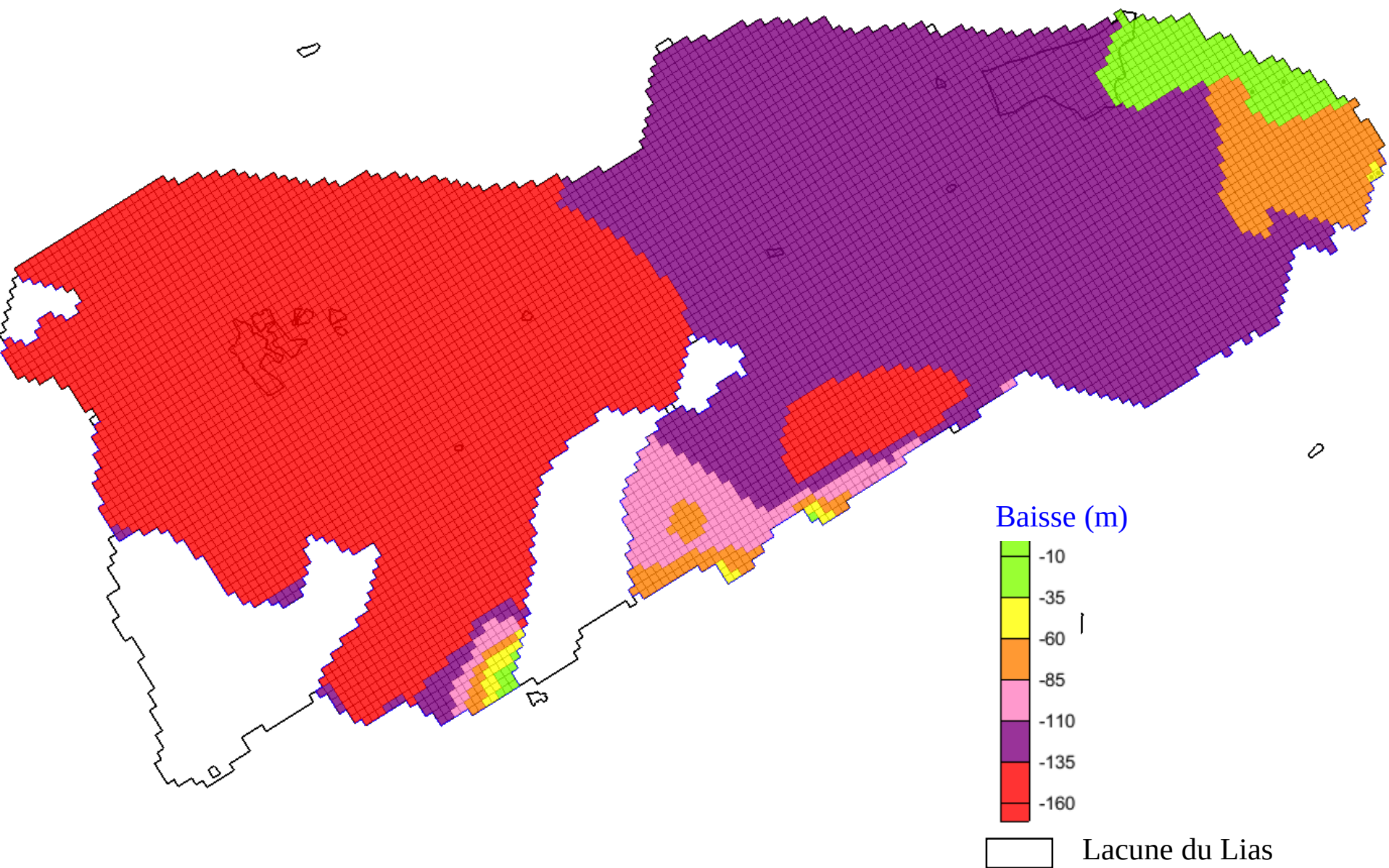
السيناريو الأول



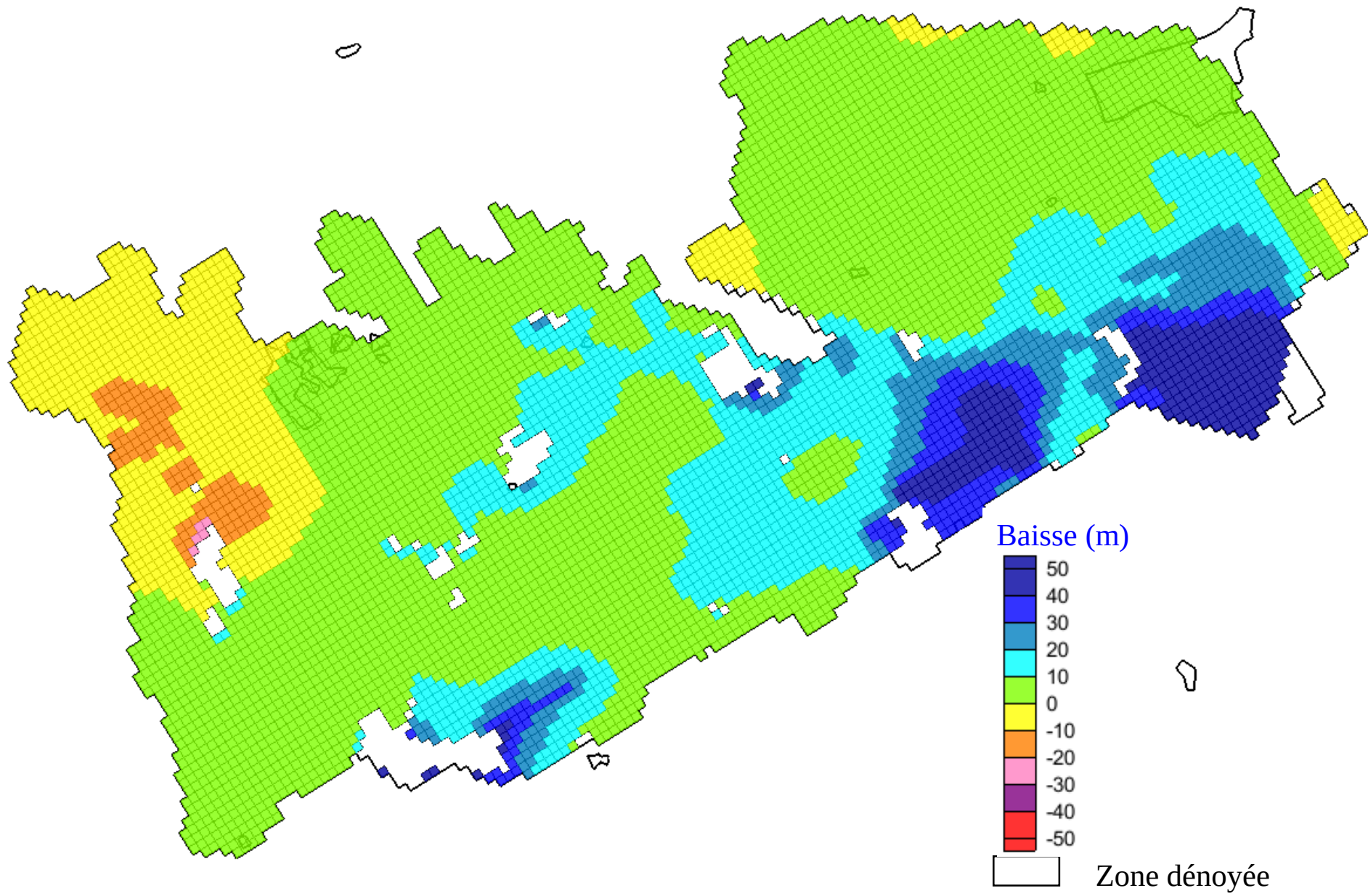
السيناريو الثاني



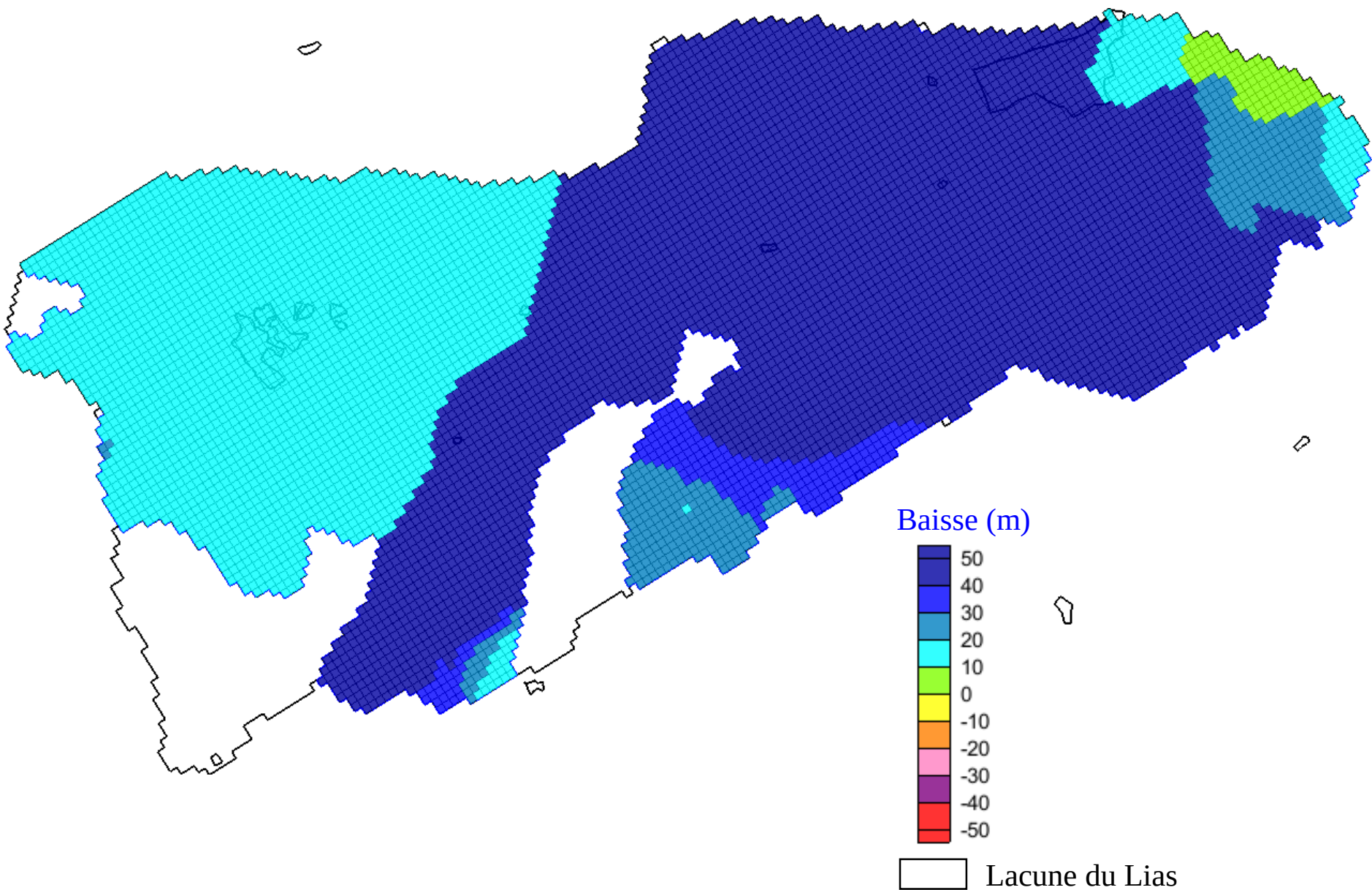
السيناريو الثاني



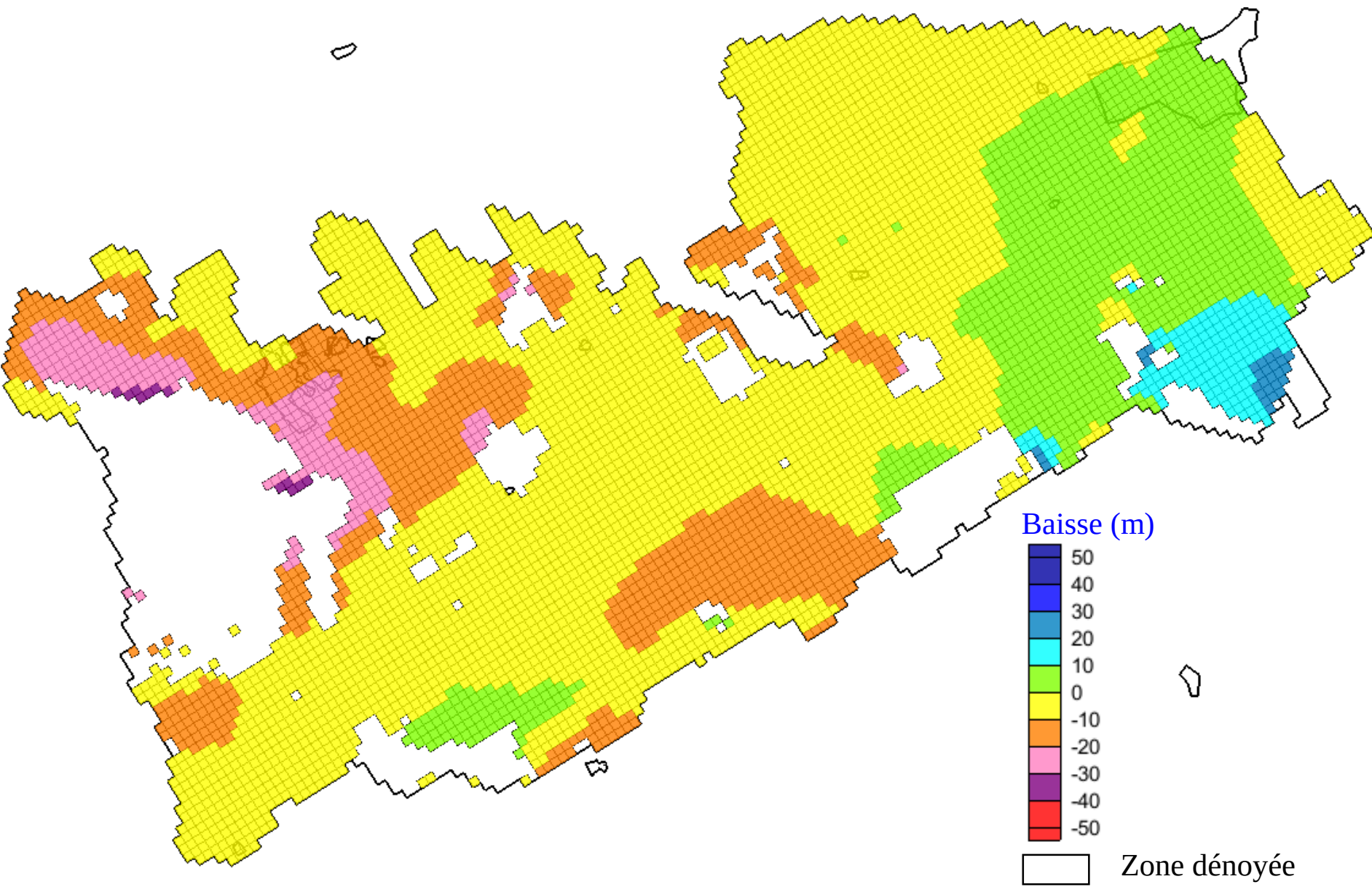
السيناريو الثالث



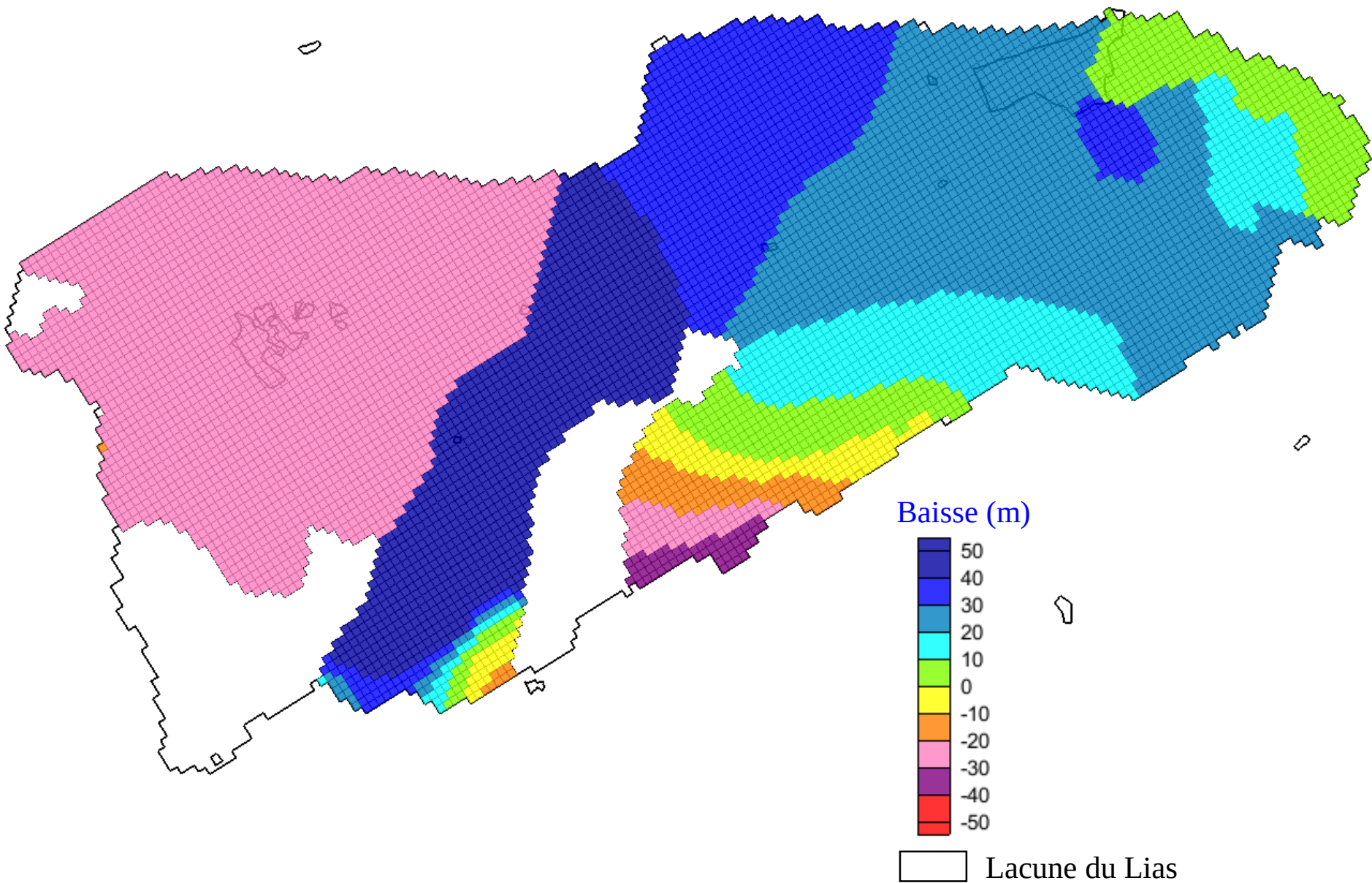
السيناريو الثالث



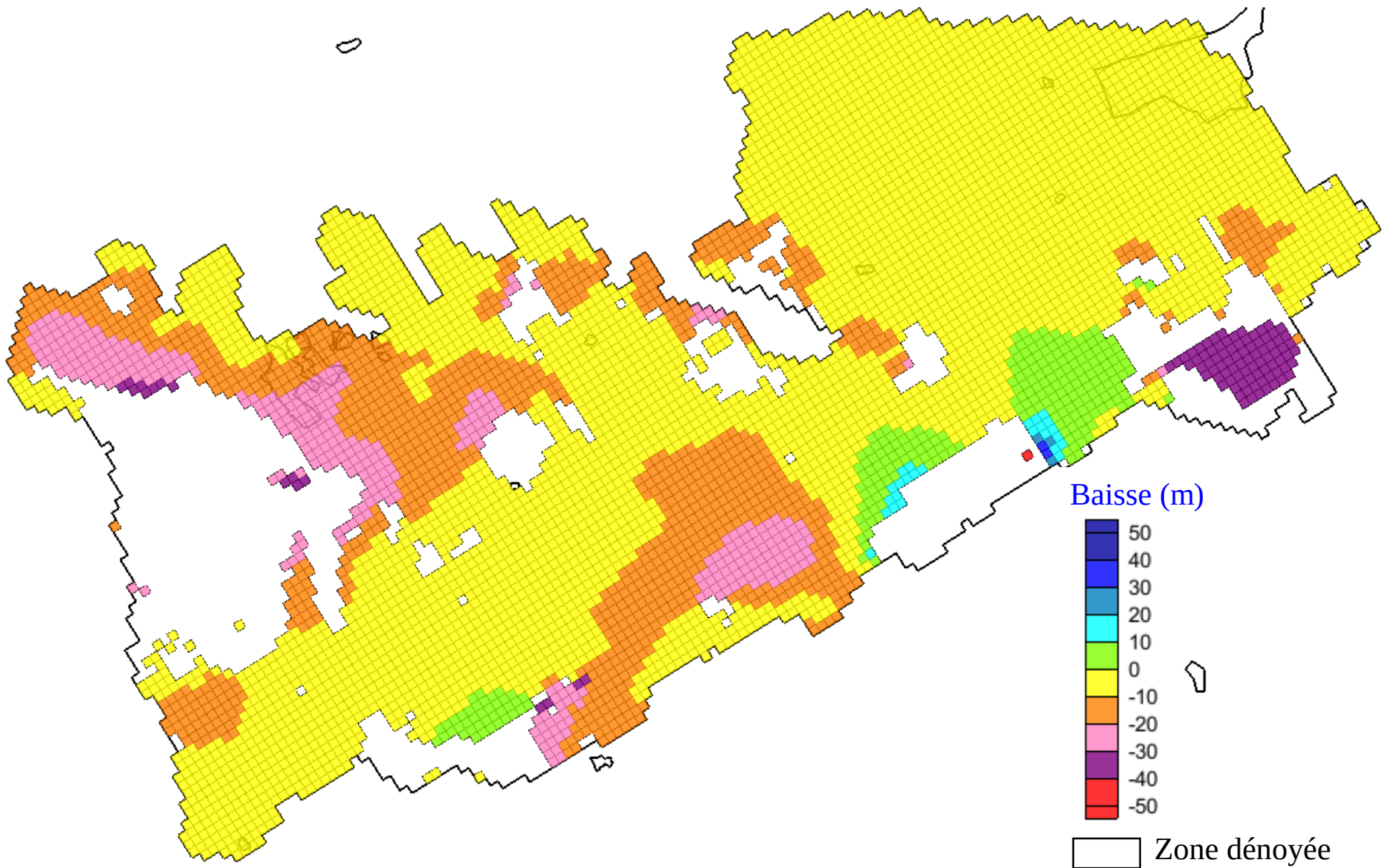
السيناريو الرابع



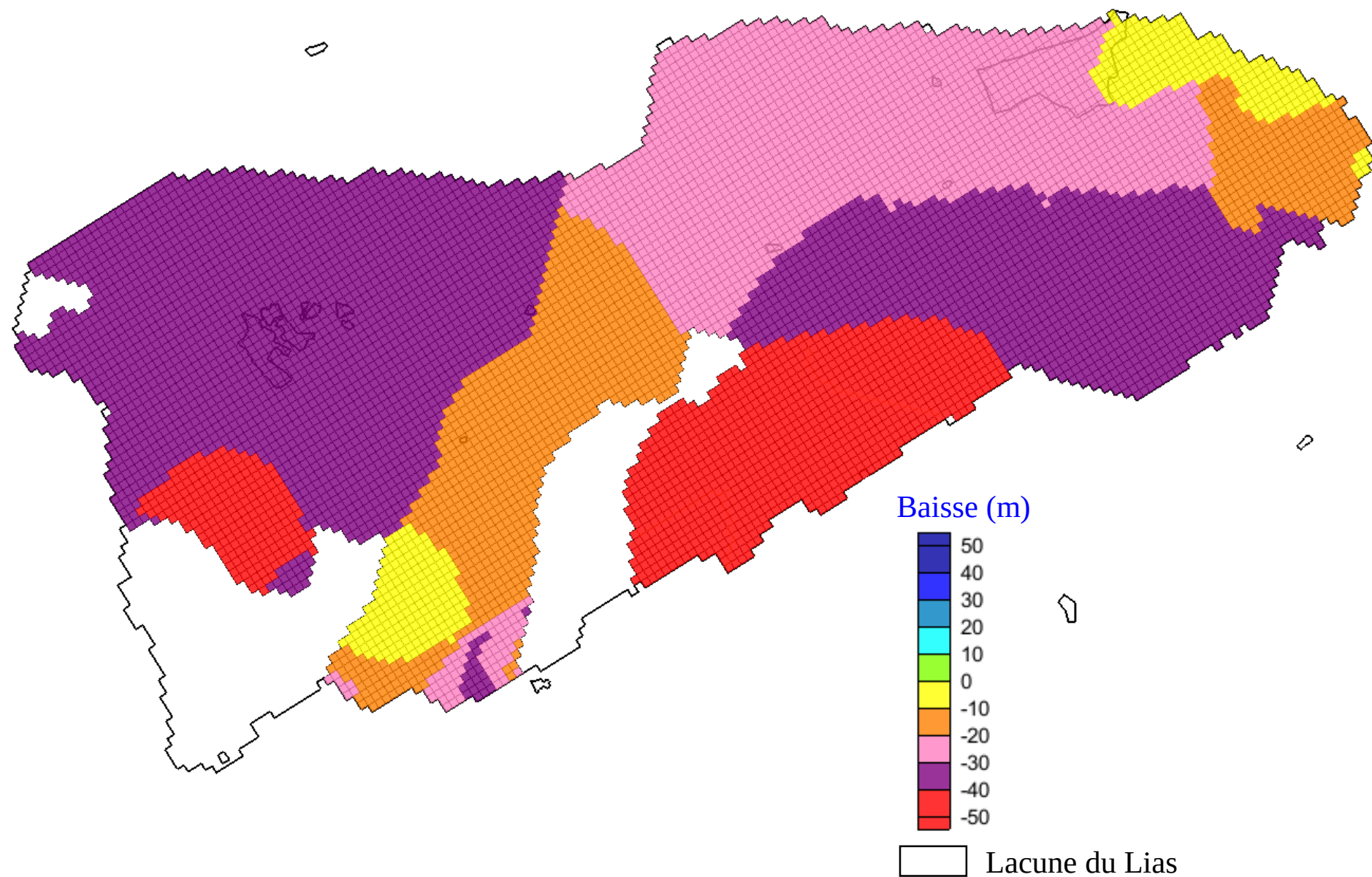
السيناريو الرابع



السيناريو الخامس



السيناريو الخامس



خطة العمل للحفاظ على الموارد المائية

المحاور الإستراتيجية للتدخل: 11 هدفًا و40 إجراءً:

❖ **المحور الإستراتيجي 1: الإدارة المستدامة لكمية المياه الجوفية في فاس-مكناس**
(3 أهداف - 10 إجراءات)

❖ **المحور الإستراتيجي 2: تطوير نشاط زراعي مستدام وموفر للمياه**
(هدف واحد - 8 إجراءات)

❖ **المحور الإستراتيجي 3: الحفاظ على جودة المياه الجوفية لضمان استخدامها بشكل مستدام**
(هدفان - 7 إجراءات)

❖ **المحور الإستراتيجي 4: الحوكمة التشاركية والإدارة المتكاملة للموارد المائية**
(هدفان - 5 إجراءات)

❖ **المحور الإستراتيجي 5: التواصل والتوعية وتعزيز الوعي المجتمعي**
(3 أهداف - 10 إجراءات)

شکرا علی انتباهکم