نمذجة انتقال الذوائب في التربة (مبيدات – اسمدة)
حالة دراسية على حوض الساحل

Solute transport modeling(pesticides , fertilizer) in the soil ; study case in coast basin

د.برهان جبور
Ina- paris دكتور في إدارة الموارد المائية
الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية

انتقال المواد المنحلة في التربة :

هي عملية مستمرة و تشمل المواد العضوية و اللاعضوية المتأينة و غير المتأينة و هي المسؤولة عن :

- عملية نشوء الترب وتطورها هو نتيجة لاكتساب او فقد المنحلات فيها

- عملية تدهور الترب

- مصير المخصبات و الأسمدة و امتصاصها من قبل جذور النباتات و غيرها من الكائنات الحية

- مصير الملوثات و مدى مقاومتها للتحلل و بقائها في التربة او انتقالها الى المياه الجوفية او السطحية

أهمية البحث

ان تلوث المياه الجوفيه الناتج عن الاعمال الزراعية (مبيدات و اسمدة) يعتبر من المشكلات الأساسية التي تواجه المجتمعات المتحضرة و بالتالي فإن الهدف من هذا البحث :

١ - تحديد سلوك هذه الملوثات من:

- انتقال ضمن الدورة الهيدرولوجية او تطايرها في الجو المحيط
- ادمصاص على حبيبات التربة
- تحولات فيزياكيميائية او بيولوجية
- تشكل معقدات مترسبة

٢- تحديد ميكانزم هذه التحولات

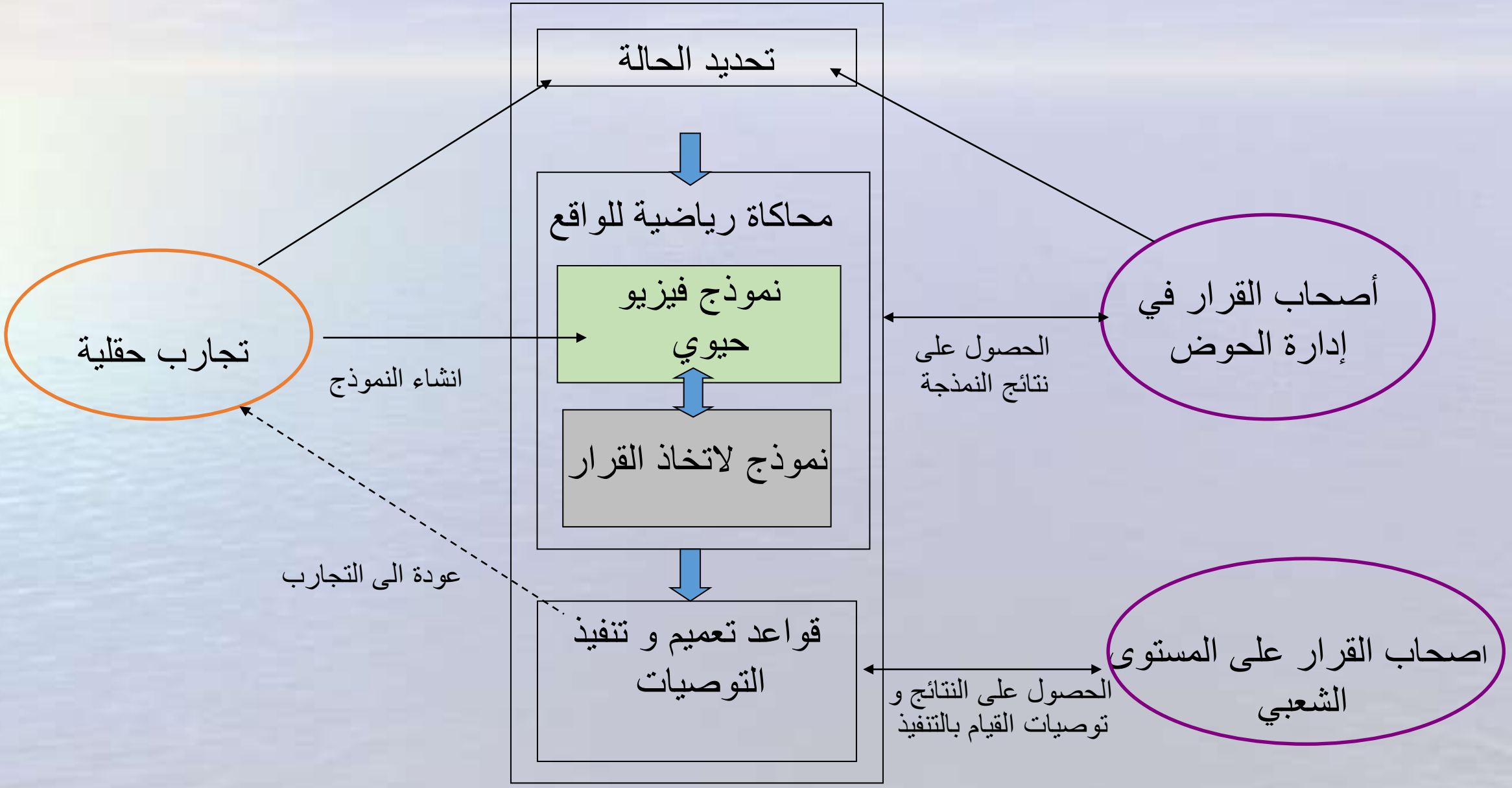
٣- تحديد شبكة انتقال هذه الملوثات في المياه الجوفيه

٤- التفكير بوضع نموذج رياضي على أساس هيدرولوجي للتحديد الكمي والنوعي لانتقال الملوثات الى المياه السطحية بما يسمح في المستقبل بربطه بقاعدة بيانات على مستوى الحوض بكامله

٥- تحديد المواد الأكثر خطورة و المناطق الأكثر ضررا

٦- مساعدة صانعي القرار لتفادي الاخطار الكبيرة الناجمة عن استخدام المبيدات خاصة في ضوء الخطر الكبير الذي لا يمكن تفاديه في حال عدم اتخاذ القرار المناسب في مراحل مبكرة.

رسم تخطيطي لمعالجة انتقال المبيدات والاسمدة الى المياه الجوفية والسطحية باستخدام النمذجة الرياضية



كيف يمكن نمذجة انتقال المواد المنحلة في المياه السطحية او في المياه الجوفيه ؟

يوجد طيف واسع من النماذج الهيدرولوجية و انتقال المواد المنحلة:

- على شكل مستوعبات (سهلة التطبيق و لكن منخفضة الدقة)

SWAT (Arnold et al., 1998). - INCA (Wade et al., 2002)

- على شكل نماذج فيزيائية تسمح بتحديد الحالة الفيزيائية و الكيميائية للمياه

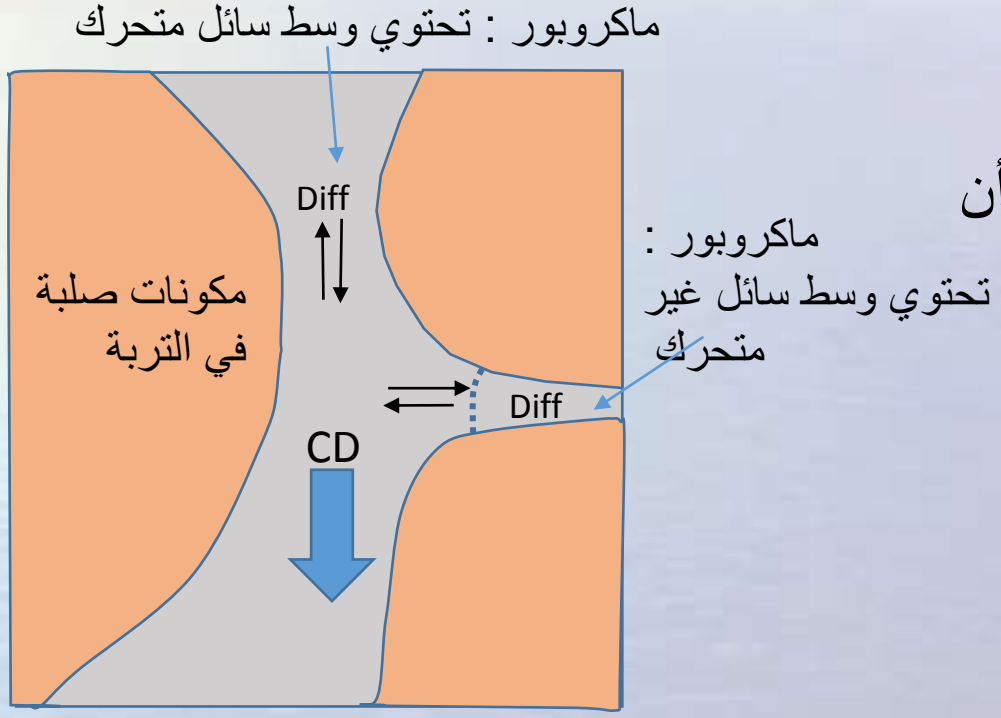
MIKE SHE, MODFLOW, DHVM) (Birkinshaw and Ewen, 2000; Hansen et al., 2007; Wriedt and Rode, 2006)

بما اننا نتكلم عن انتقال المواد المنحلة فان انتقال المياه في التربة هو العنصر المحدد لانتقال المواد الذائبة فيه

طرق الانتقال هي :

- الانتشار او الانتقال الجزيئي Diffusion

ناجم عن فرق التركيز و يؤدي الى توزع منتظم في الوسط إلي أن يصبح تركيز الجزيئات متماثل في جميع أجزاء الحيز في حالة من الاتزان وهذا راجع لفعل الطاقة الحركية الذاتية للجزيئات



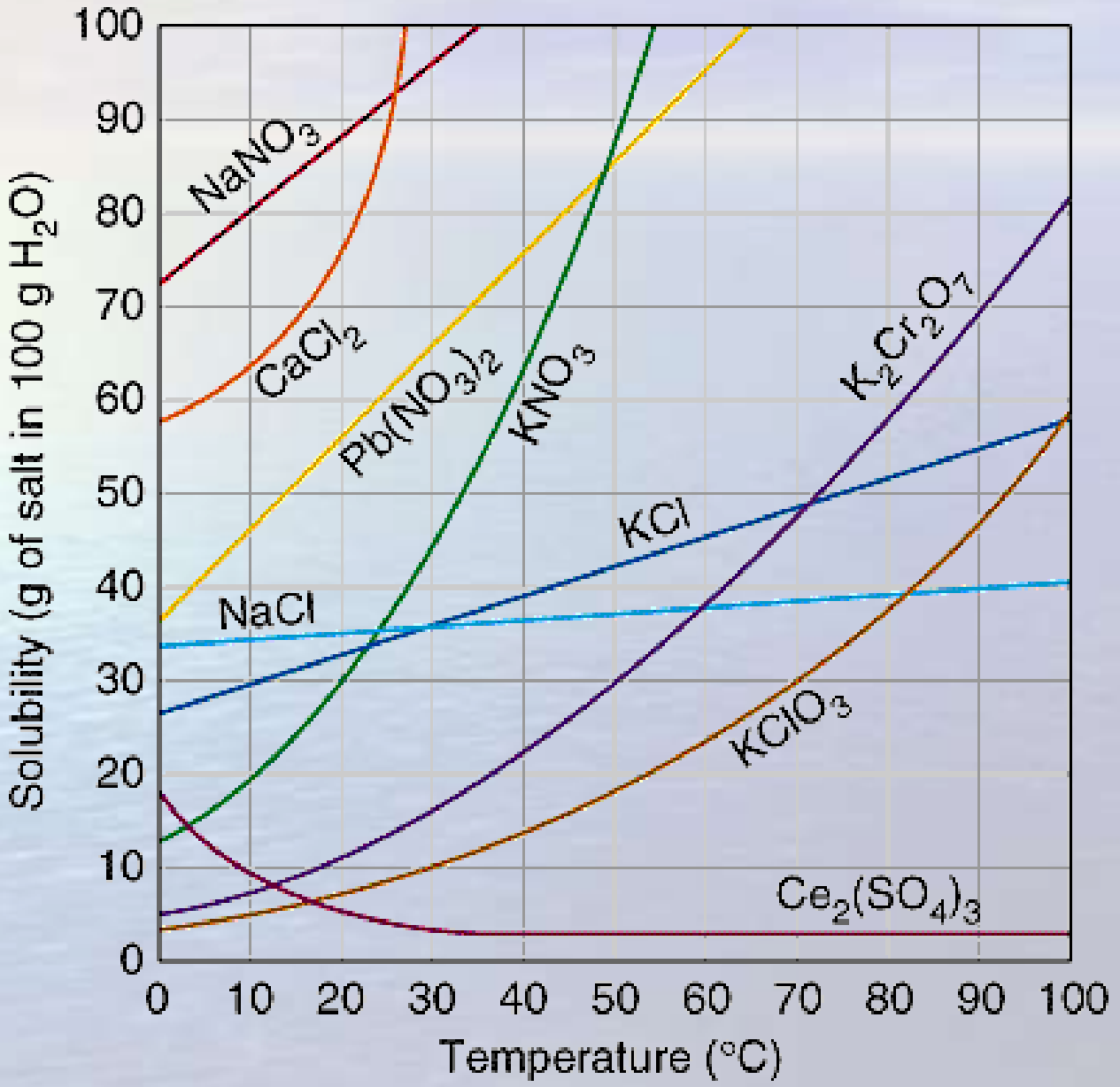
Diff: انتقال جزيئي
C D : حلول

- الحمل و التشتت الهيدروديناميكي (انتقال الطور السائل)

Convection et dispersion hydrodynamique

ليس من الضرورة إمكانية القيام بالعمليتين في نفس المكان من التربة حيث ان المسامية قد لا تسمح بحدوث جريان مائي و بالتالي فان الانتقال الجزيئي هو الطريق الوحيد

عناصر الحركة:



١-التنبيه الحراري هو السبب في الانتقال العشوائي للجزيئات و الذرات و المركبات سواء أكانت متأينة أم لا

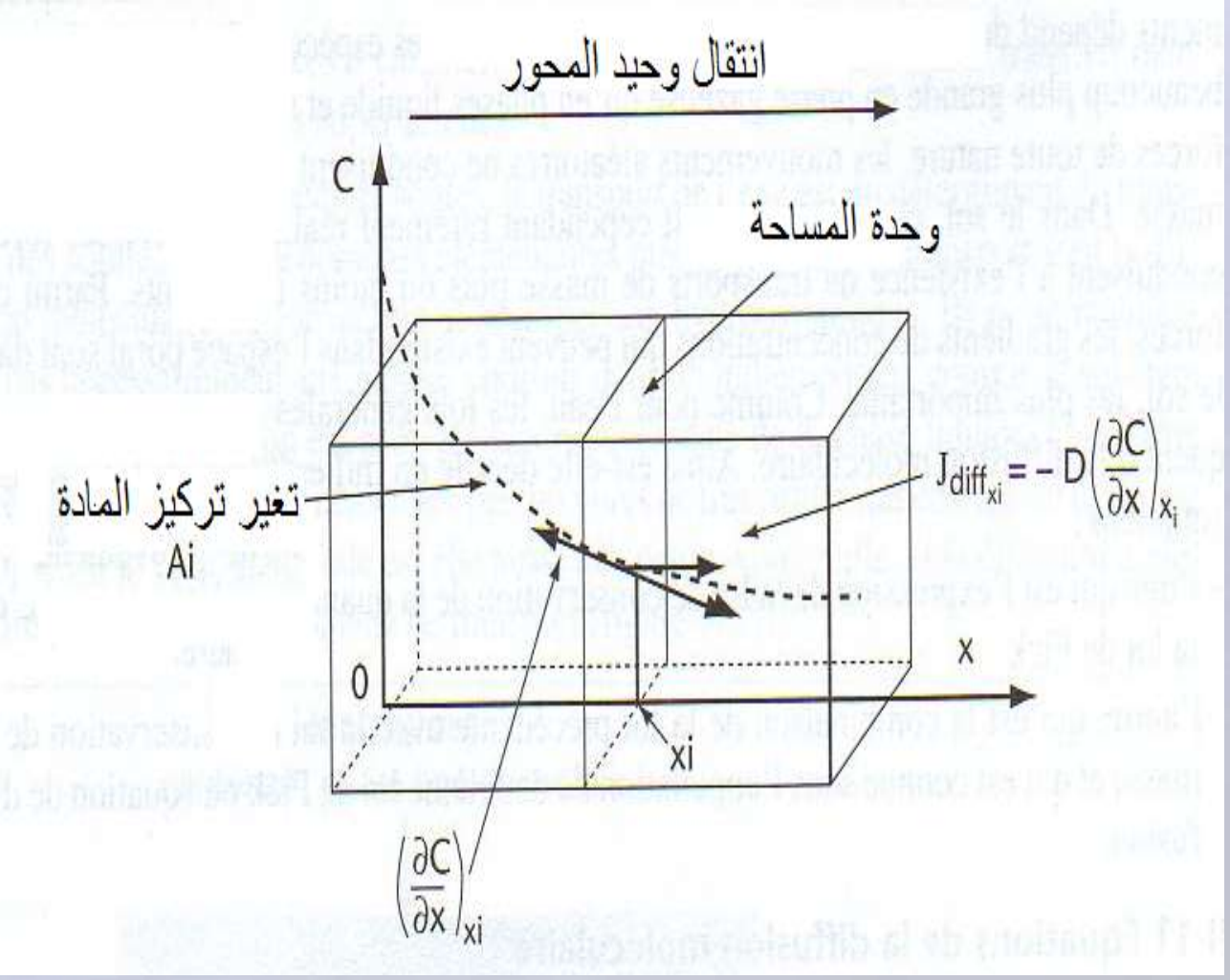
معادلة Fourier للانتقال الحراري

$$q_f = -K_f \text{ grad } T$$

K_f : معامل التوصيل الحراري

عناصر الحركة:

٢- فرق التركيز يعتبر كمجموع للقوى المحيطة الموجودة في مسامات التربة ، والتي تكون في الطور الغازي اكبر منها بكثير من الطورين السائل و الصلب.



انتقال الذوائب : معادلة Fick

في وسط متجانس عدا لواحد من مكوناته حيث يوجد انحدار في التركيز في اتجاه معين يتولد انتقال للمادة يرتبط بفرق التركيز من جهة و بمعامل افتراضيD يمكن وصفه بمعامل الانتقال

$$J_x = -D_x\left(\frac{\partial C}{\partial x}\right)$$

J_x: *جريان الكتلة في واحدة المساحة وواحدة الزمن*

الإشارة السالبة هنا للإشارة الى ان الانتقال يتم من التركيز الأعلى الى الاخفض مسببا في انخفاض طاقة المنظومة

كيف يمكن تحديد شكل جريان الماء؟

الانتقال الصفيحي Laminares

الحركة البطيئة السلسة للسوائل و التي تخضع بالغالب لقوى اللزوجة viscous forces

الانتقال الدوامي Turbulent

عندما تكون القوى الخارجية المؤثرة على الجريان أكبر من قوى اللزوجة عندها تصبح حركة المياه محرضة

رقم رينولد هو الذي يحدد طبيعة هذه الحركة $Re = \frac{V\,d}{\nu}$

V متوسط سرعة الجريان .

ν لزوجة المياه

d نصف قطر المجرى .

في الانابيب يجب ان يكون رقم رينولد اكبر من ٢٠٠٠ لتكون الحركة صفيحية

اما في الأوساط المسامية حيث من الصعوبة تحديد اقطار الجريان بدقة فان رقم رينولد يجب ان يكون اقل من ١٠ لاعتبار الحركة صفيحية

عناصر الحركة:

٣- الشد الرطوبي تنتقل الذوائب solute بنفس الألية التي يتم من خلالها انتقال المياه والتي يمكن التعبير عنها بمعادلة Darcy و المتعلقة بقانون مصونية الحركة

$$q = -K_s \text{ grad } H$$

Ks : معامل التوصيل الهيدريكي المشبع

في ظروف الأوساط المسامية للتربة يتم الانتقال على عدة محاور وليس من الضرورة ان يكون لها نفس قيمة معامل التوصيل الهيدريكي و بالتالي فان معامل التوصيل الهيدريكي المشبع في الوسط الطبيعي تأخذ الشكل التالي:

$$K \begin{Bmatrix} K_{xx} & K_{xy} & K_{xz} \\ K_{yx} & K_{yy} & K_{yz} \\ K_{zx} & K_{zy} & K_{zz} \end{Bmatrix} =$$

وللتبسيط

$$K = \begin{Bmatrix} K_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & K_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & K_{zz} \end{Bmatrix}$$

عندها تأخذ معادلة دارسي الشكل التالي ثلاثي الابعاد :

$$\begin{Bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \end{Bmatrix} = - \begin{bmatrix} K_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & K_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & K_{zz} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \partial h/\partial x \\ \partial h/\partial y \\ \partial h/\partial z \end{Bmatrix}$$

بالربط بين معادلة دارسي مع قانون مصونية الكتلة

$$rate\ of\ change\ masse = mass\ flux\ \ in\ \ m/_T - mass\ flux\ \ out\ \ m/_T$$

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = -divq \qquad \frac{\partial\theta}{\partial t} = -divq + Rw$$

نحصل على معادلة تفاضلية جزيئة من نمط ريتشارد ١٩٣١ بحسب Hillel 1971

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}\left[k_{xx}(\psi)\frac{\partial\psi}{\partial x}\right] - \frac{\partial}{\partial y}\left[k_{yy}(\psi)\frac{\partial\psi}{\partial y}\right] - \frac{\partial}{\partial z}\left[k_{zz}(\psi)\frac{\partial\psi}{\partial z}\right] - \left[\frac{\partial K(\psi)}{\partial z}\right]$$

كيف يمكن تطبيق معادلة انتقال الماء في الوسط غير المشبع؟

باستخدام معادلات تحليلية على أسس تجريبية للمنحنيات الرطوبية في الترب :

- معادلة *Van Genuchten 1980*

$$\theta(h) = \begin{cases} \theta_r + (\theta_s - \theta_r)\left(\frac{h\alpha}{h}\right)^{\lambda} & h \geq h_\alpha \\ \theta_s & h \prec h_\alpha \end{cases}$$

α : *coefficient d'entrée de l'air*

n, m : coefficient de la forme de la courbe de rétention d'eau,

$$m = 1 - \frac{1}{n}$$

- معادلة *Mualem 1976*

$$K(h) = K_s S_e^{\eta}\left[1 - \left(1 - S_e^{1/m}\right)^m\right]^2$$

Se : taux de saturation du sol= $\left(=\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}\right)$

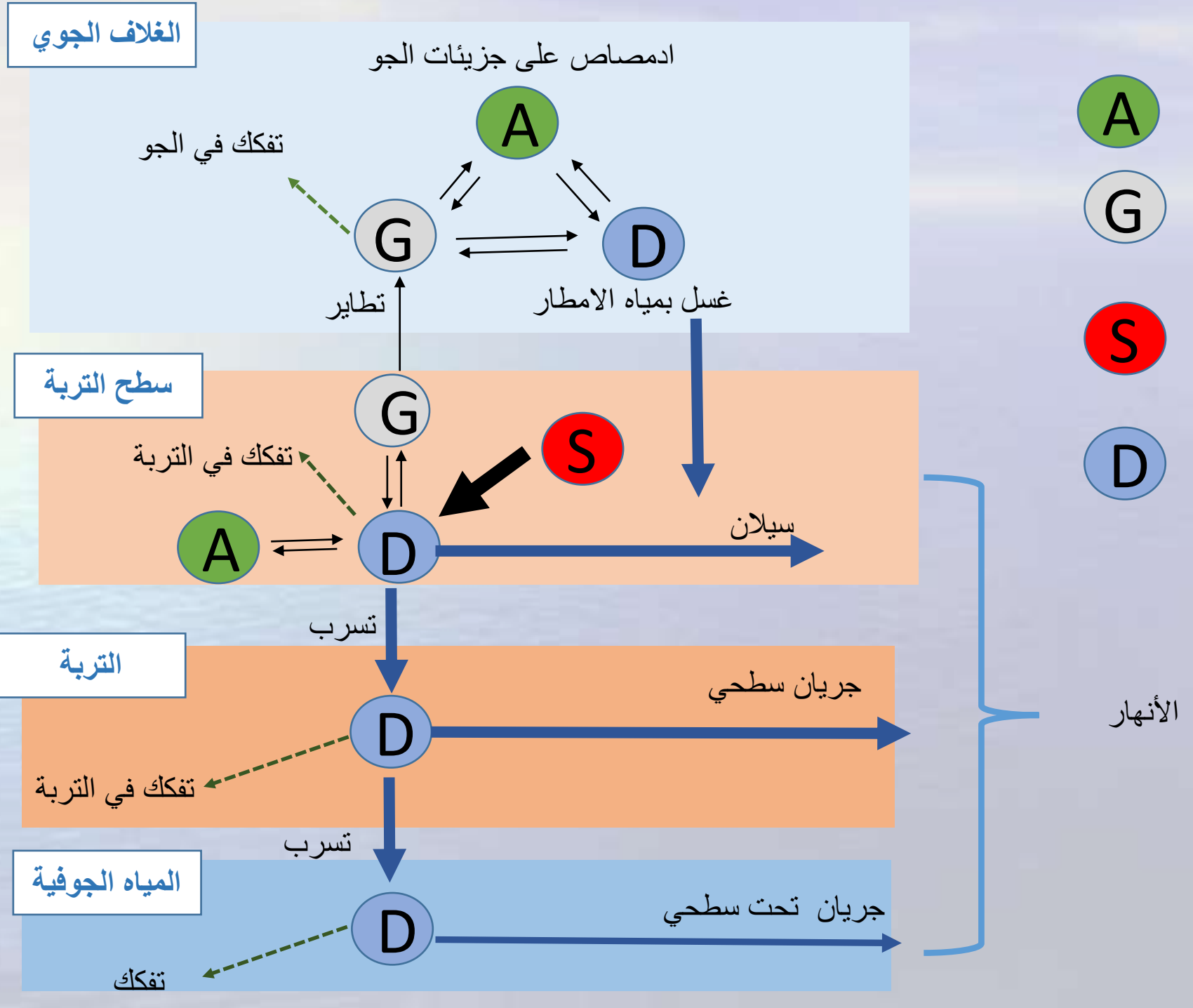
النموذج المستخدم يشمل اربع مكونات : الجو - سطح التربة - التربة - المياه الجوفيه

لتقييم انتقال المياه لا بد من معطيات تتعلق بالهطولات المطرية و التبخر و هيدروديناميكية التربة و ذلك لـ :

١- تحديد المحتوى الرطوبي في الطبقة السطحية من التربة و هي الطبقة التي تتم فيها العمليات الأساسية في انتقال و تحول الذوائب

٢- تحديد كمية المياه المتسربة الى طبقة المياه الجوفية او الى الأنهار باعتبار أن تجاوز المحتوى الرطوبي لقدرة احتفاظها بالماء سيؤدي إلى حدوث إما سيول أو تسرب في العمق وذلك بحسب معامل حسابي يرتبط بمسامية التربة و كمية المياه

٣- تحديد معاملات التفكك او الادمصاص سواء أكان في التربة او على الكربون العضوي



A مبيدات في حالة ادمصاص

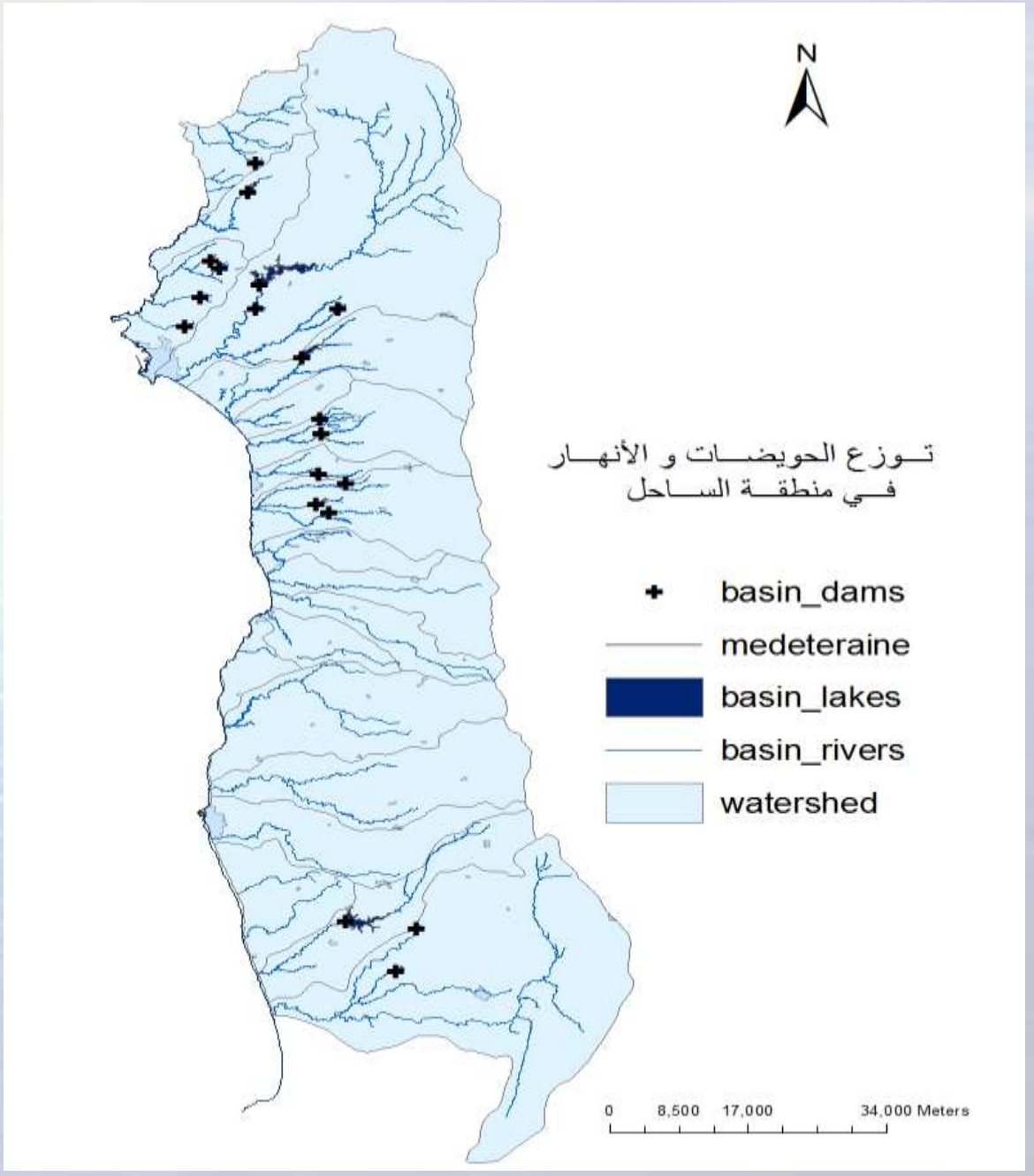
G مبيدات في حالة غازية

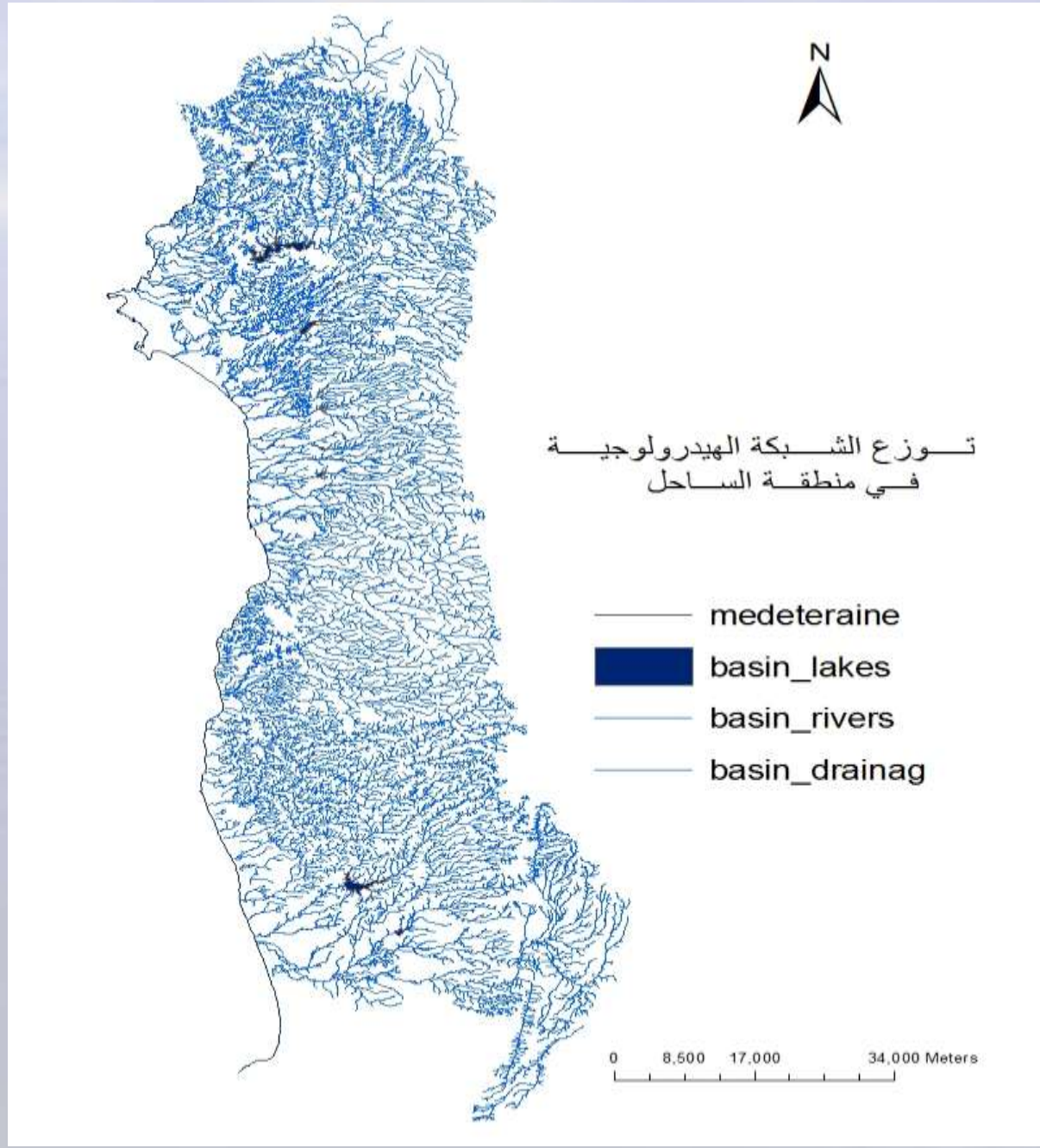
S مبيدات في حالة صلبة

D مبيدات في حالة محلول

الأنهار

الخطوة الأولى لهذا العمل هو التحديد الهندسي لشبكة جريان المياه زمانيا و مكانيا بصورة دقيقة نسبيا و تحديد سرعة الانتقال و زمن الرجوع


N
توزع الحويضات و الأنهار
في منطقة الساحل
basin_dams
medeteraine
basin_lakes
basin_rivers
watershed
0 8,500 17,000 34,000 Meters

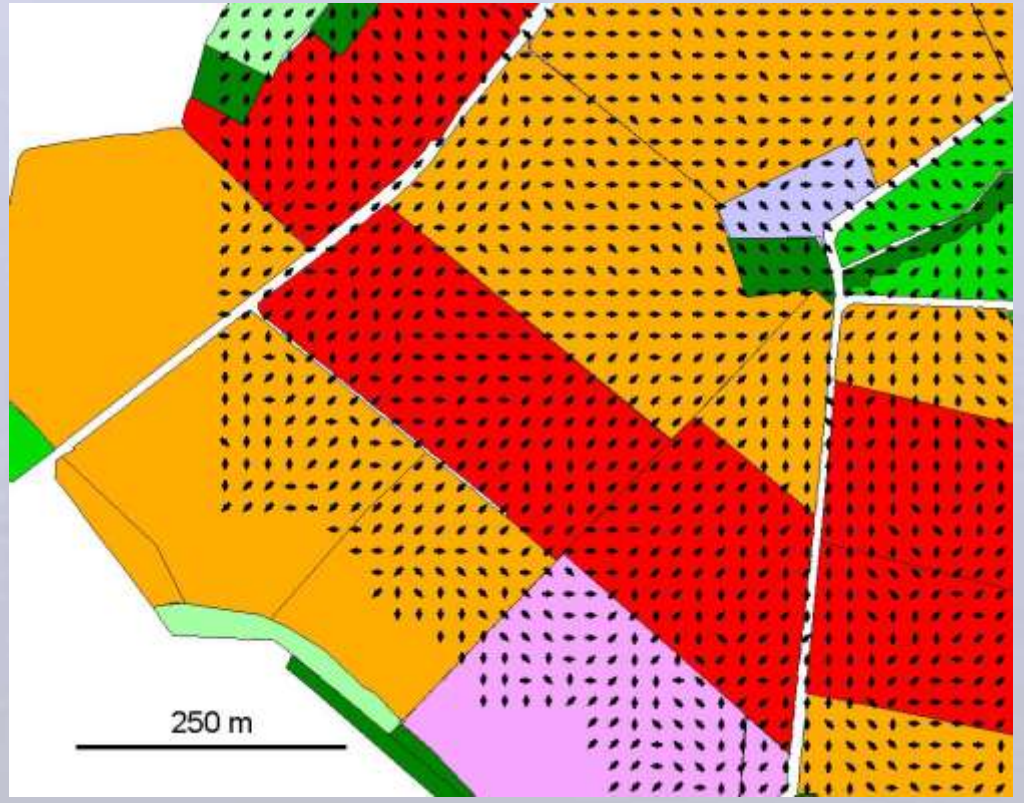

N
توزع الشبكة الهيدرولوجية
في منطقة الساحل
medeteraine
basin_lakes
basin_rivers
basin_drainag
0 8,500 17,000 34,000 Meters

الخطوة التالية هي مجموعة من التجارب النقطية لتحديد العلاقة بين الخصائص الهيدروليكية و انتقال الماء و المواد المنحلة في المياه السطحية

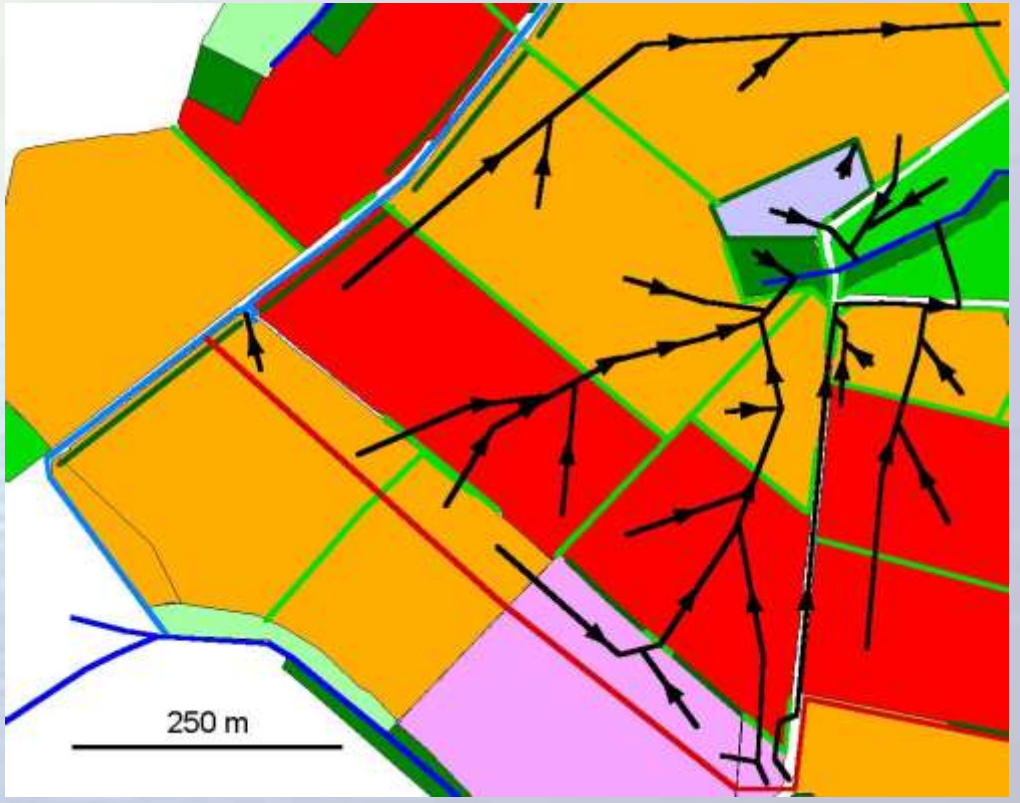
للتحقق من هذا النموذج لا بد من القيام بسلسلة من الاختبارات على مستويات مكانية و زمنية مختلفة والتركيز بصورة خاصة على التسيل لدوره الكبير في انتقال الملوثات الى المياه السطحية من انهار و بحيرات

ان انتقال المياه بصورة سيول يعتبر بغاية الأهمية في منطقة الساحل السوري بسبب كمية الهطول المطري و طبوغرافية المنطقة

الخطوة الأخيرة هي تجميع النتائج لتشمل كامل الحوض و اقتران هذا العمل فيما بعد بسلسلة من القياسات التجريبية على مستوى الحوض



شبكة الصرف المتسلسلة



شبكة المصرف الوحيد للحوض

شكرا لاصغائكم