



# Synthèse

Cette note présente brièvement le principe du calage automatique des paramètres du code de calcul Marthe v7.4a du BRGM.

# 1 « Calage automatique » ou « Modèle inverse »

Dans le code de calcul MARTHE deux approches sont possibles :

- Une approche de « Calage automatique » par zone, très générale

Cette option permet d'optimiser tout type de paramètre utilisé dans les calculs (perméabilités, coefficient d'emmagasinement, facteur de retard, ....), en s'appuyant sur tout ce qui est mesurable (charges, débits de sources, débits en rivières, débits de drain, concentrations, teneurs en eau ....). Cette fonctionnalité est opérationnelle pour tous les schémas de calcul, en régime permanent et transitoire.

- Une approche par « Modèle inverse », très spécifique

Cette approche permet de calculer une valeur de perméabilité dans chaque maille à partir d'une carte de charges observées. Elle est opérationnelle uniquement en régime permanent et s'applique uniquement au champ de perméabilités.

À partir des valeurs de perméabilité calculées, différentes dans chaque maille, il est ensuite possible de créer des zones de perméabilités en regroupant les mailles par classes de valeur de perméabilité à l'aide de l'utilitaire « Operasem » (cf. exemple **rockyop3**).

Ces zones de perméabilité peuvent alors éventuellement être utilisées avec l'approche par « calage automatique » en régime transitoire, ou bien pour estimer d'autres paramètres que les perméabilités.

En régime transitoire, le calage automatique s'effectue par zones (qui peuvent avoir été déduites d'un calage automatique en permanent), zones dans lesquelles les paramètres sont considérés comme constants (cf. exemple **rockyop1**).

## 2 Mise en œuvre

- Il faut disposer d'un fichier « *projet optimisation* » d'extension **[.namopt]** (pour « name optimisation ») : Ce fichier contient la liste des noms des fichiers qui vont être utilisés pour le calage automatique.
- Ces fichiers sont :
  - le fichier des « paramètres du calage », d'extension **[.paropt]** (voir ci-après)
  - Les fichiers des grilles de charges observées (de même structure qu'un fichier **[.charg]**) et/ou de concentrations observées, de salinité observées etc.
  - Les fichiers des historiques observés (de même structure qu'un fichier « *historiq.out* » simulé).

Le code des valeurs observées absentes est « 9999 ».

Les fichiers « projet d'optimisation » et « paramètres de calage » sont constitués avec le préprocesseur de MARTHE.

- Le nom de fichier « projet optimisation » **[.namopt]** devra apparaître dans le fichier projet de MARTHE **[.rma]** :  
Biche\_Voulz\_8.namopt = Fichier Projet Optimisation

- Pour sélectionner la mise en œuvre de l'optimisation, c'est-à-dire du calage automatique ou de la modélisation inverse : dans le *fichier des Paramètres* **[.mart]** : il faut fixer la valeur **1** dans la ligne :

```

*** Optimisation/Calage automatique/Anal sensibil ***
1=Optimisation/calage automatique/analyse de sensibil [0=Non ; 1=Oui]

```

- Fichier **[.paropt]** (pour « paramètres optimisation ») :

## 2.1 Paragraphe n°1

```

*** Paramètres généraux d'optimisation [Nombre de Simulations, Méthode] ***
1=Optimisation : 0=Non ; 1=Calage par Zones ;
                 3=Perméabilités par Modèle Inverse ; 4=Coeff. d'Infl.
60=Nombre maximal de simulations pour le calage (0 = Uniquement analyse)
0=Seuil d'arrêt sur le critère d'erreur de calage (Déf=0)
0=Seuil d'arrêt sur la variation des paramètres (en nombre d'incréments)
   (Déf=0.05)
0=Méthode pour le calage par Zones : 1=Simultanée ; 2=Zone par Zone
   (Déf=Simultanée)
0=Correction minimale des paramètres en nombre d'incréments (Déf= 1)
0=Correction maximale des paramètres en nombre d'incréments (Déf = 9999)
0=Pourcentage de variation de débit
   (pour un calcul de 'Coefficients d'Influence') (Déf = 20)
0=Coefficient de relaxation (Déf = 1)
0=Perméabilité minimale : pour un calage de perméabilités
   maille par maille
0=Perméabilité maximale : pour un calage de perméabilités
   maille par maille
0=Poids de lissage par rapport aux mailles voisines [%]
   (Perméabilités maille par maille)
0=Variable pour un calcul de Coeff. d'Influence [0=Débits, 1=Q_massique ;
   2=Q_Énergie ; 3=Q_salinité]

```

- Ligne n°1 : On choisit l'option **1** pour caler des paramètres par zones ou l'option **3** pour calculer une carte de perméabilité.
- Ligne n°2 : Il s'agit du nombre total de simulation qui seront réalisées. Un ordre de grandeur raisonnable est : 4 x (1 + nombre de paramètres)
- Lorsque l'on détermine une carte de perméabilités par modèle inverse, c'est dans ce paragraphe que l'on donne (lignes n°10 et 11) les perméabilités minimale et maximale acceptées sur le domaine, ainsi que le poids de lissage. Le poids de lissage (ligne 12) agit sur le rapport des perméabilités de deux mailles voisines.

## 2.2 Paragraphe n°2

```

*** Paramètres généraux d'optimisation [Pas de temps, Affichage] ***
0=Numéro du pas de temps <==> Champ d'observations n°1
0=Numéro du pas de temps <==> Champ d'observations n°2
0=Affichage à l'écran (0=Normal ; 1=Pas d'affichage ; -1=Détails)
1=Affichage dans le fichier Liste (0=Normal ; 1=Allègement ; -1=Détails)

```

Lors d'un « calage automatique par zones », outre des historiques d'observations dans des mailles spécifiques, on peut utiliser des « cartes » d'observations à deux dates différentes, il faut alors donner le numéro des pas de temps correspondant à ces dates. Les valeurs d'affichage par défaut peuvent être conservées telles quelles.

## 2.3 Paragraphe n°3

```

*** Paramètres Généraux Optim [pondérations ...] ***
 100 = Poids sur les Champs de Charge hydraulique observée (%)
   0 = Poids sur les Champs de Salinité observée (%)
   0 = Poids sur les Champs de Pression observée (%)
   0 = Poids sur les Champs de Teneurs en eau observées (%)
.....
   0 = Poids sur les Historiques de Salinité Riv. observée % (0<=>100%)
   0 = Poids sur les Historiques de Stock Neige observé % (0<=>100%)
   0 = Poids sur les Historiques de Niveau Drains observés % (0<=>100%)

```

Chaque type d'observation peut avoir un poids différents. On peut par exemple donner plus de poids aux charges qu'aux concentrations, si ces concentrations n'ont pas été mesurées avec beaucoup de précision.

Les poids sont donnés en relatif. Ils sont normalisés au moment du calcul. Dans l'exemple ci-dessous (poids 100% et 50%), il y aura un poids de 67% sur les écarts de charges et un poids de 33% sur les écarts de concentration :

```

100 = Poids sur les cartes de Charge hydraulique observée %
   0 = Poids sur les cartes de Salinité observée %
   0 = Poids sur les cartes de Pression observée %
   0 = Poids sur les cartes de Teneur en Eau observée %
   50 = Poids sur les cartes de Concentration observée %

```

## 2.4 Paragraphe n°4

```

*** Écarts-type , Matrice de corrélation, Intervalles de confiance ***
 1 = Calcul des écarts-type des paramètres et de la matrice de corrélation
 0 = Calcul des Intervalles de Confiance de simulation
 0 = Type d'intervalles de confiance : 0=Écart-Type ; 1=Intervalle à 80% ;
                                       2=Intervalle à 95%
10 = Pourcentage de mailles indépendantes pour le calcul des écarts-type
    des paramètres [Déf=100%]

```

En activant cette option (ligne n°1), il sera possible :

- D'éditer la matrice de corrélation entre les différents paramètres à caler. Si la matrice fait apparaître que certains paramètres sont fortement corrélés, il sera alors possible de refaire l'optimisation en réduisant le nombre de paramètres à optimiser.
- D'obtenir les intervalles de confiance des paramètres et le résultat du test de Student sur les variables pour voir si elles sont significatives : si la valeur du test de Student pour une variable est supérieure à 1.96, il y a moins de 5 % de chances que cette variable ne soit pas significative.

## 2.5 Paragraphe n°5

```

*** Paramètres à optimiser ou analyser ***
Type      Zone Arith Même que Val.Init Val.Mini Val.Maxi Pas_Val Mult
PERMEAB   1     0       0     3.5e-3 1e-3     5e-3    10    0
PERMEAB   2     0       0     3.5     1.0     12.0    10    0
PERMEAB   3     2       0     3.5e-3 1e-3     5e-3    10    0
PERMEAB   4     0       0     20      7       50     10    0
EMMAG_LIBR 1     0     9999 2.918e-2 1e-2     6e-2    10    0
EMMAG_LIBR 2     0     9999 1.485e-2 1e-2     6e-2    10    0
EMMAG_LIBR 3     0     9999 2.918e-2 1e-2     6e-2    10    0
EMMAG_LIBR 4     0     9999 1.485e-2 1e-2     6e-2    10    0

```

- La première colonne contient le code du paramètre, il s'agit ici de la perméabilité ou du coefficient d'emmagasinement libre par exemple.
- La deuxième colonne contient le numéro de la zone géométrique à laquelle s'applique le paramètre.
- La troisième colonne précise si les corrections sont affectées sur la valeur du paramètre ou sur son logarithme.
- La colonne « Même que » permet d'utiliser la même valeur d'un paramètre pour deux zones, ici la perméabilité de la zone 3 sera la même que celle de la zone 2.  
Si la colonne « Même que » contient la valeur 9999, le paramètre ne sera pas optimisé.

Pour chacune des zones et chacun des paramètres, on donne :

- La valeur initiale du paramètre,
  - La valeur minimale admise pour le paramètre,
  - La valeur maximale admise pour le paramètre.
- Classiquement on utilise une valeur minimale de l'ordre de 1/3 de la valeur initiale et une valeur maximale de l'ordre de trois fois la valeur initiale.
- La « variation » qui sera affectée à la valeur pour calculer son influence (ici 10%, la variation étant affectée au logarithme du paramètre).
  - La dernière colonne permet, au lieu d'optimiser la valeur du paramètre par zone, d'optimiser un effet correcteur par zone, du champ de ce paramètre. Cet effet correcteur peut être multiplicatif ou additif. Par exemple, par rapport au champ de perméabilité du modèle, on applique un facteur multiplicateur de 1.43 dans la zone n°1, et 0.87 dans la zone n°2. Cette variation est soit additive soit multiplicative.

Value	Description
1	= Numéro de Zone correspondante (si applicable) [-1 => Retire la zone]
0	= Transformation (0=Logarithme ; 1=Arithmétique ; 2=Inverse) [Déf=Logarithme]
0	= Num de la Zone (précédente) qui est Identique [Déf = 0 ; 9999 = Pas Optimis]
10	= Valeur Initiale du paramètre
3	= Valeur Minimale permise pour le paramètre
30	= Valeur Maximale permise pour le paramètre
15	= Variation du paramètre pour dérivées. Déf = Ampl/100 (en % si Logarith. Def = 5%)
0	= Effet correcteur (0=Non ; 1 = Facteur Multiplicateur ; 2 = Facteur Additif)

Figure 1 : Paramètres relatifs à un paramètre à optimiser

### 3 Exemple d'utilisation : préprocesseur

#### 3.1 Choix du paragraphe

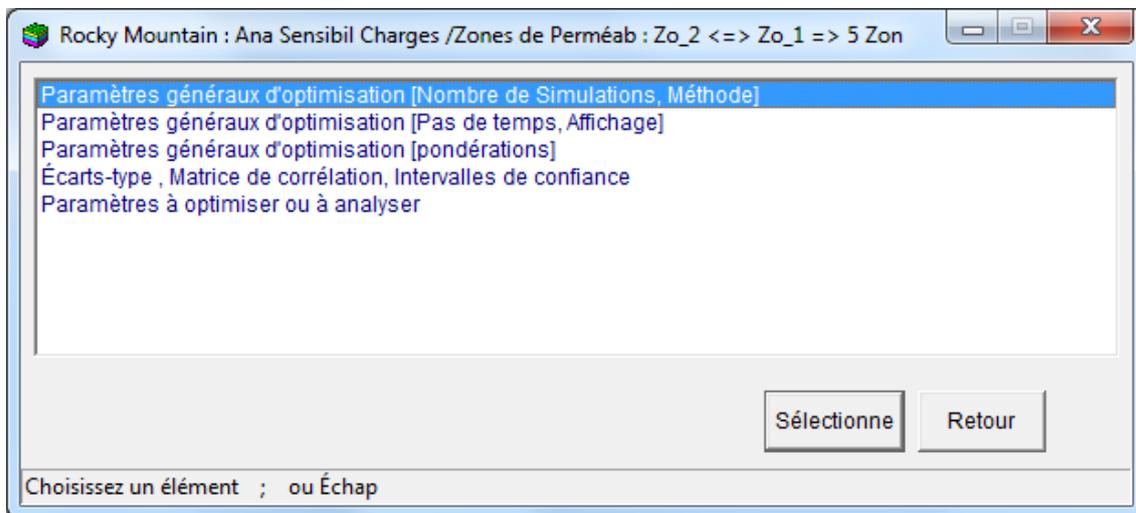


Figure 2 : Choix du paragraphe

#### 3.2 Paramètres généraux (nombre de simulations, méthode)

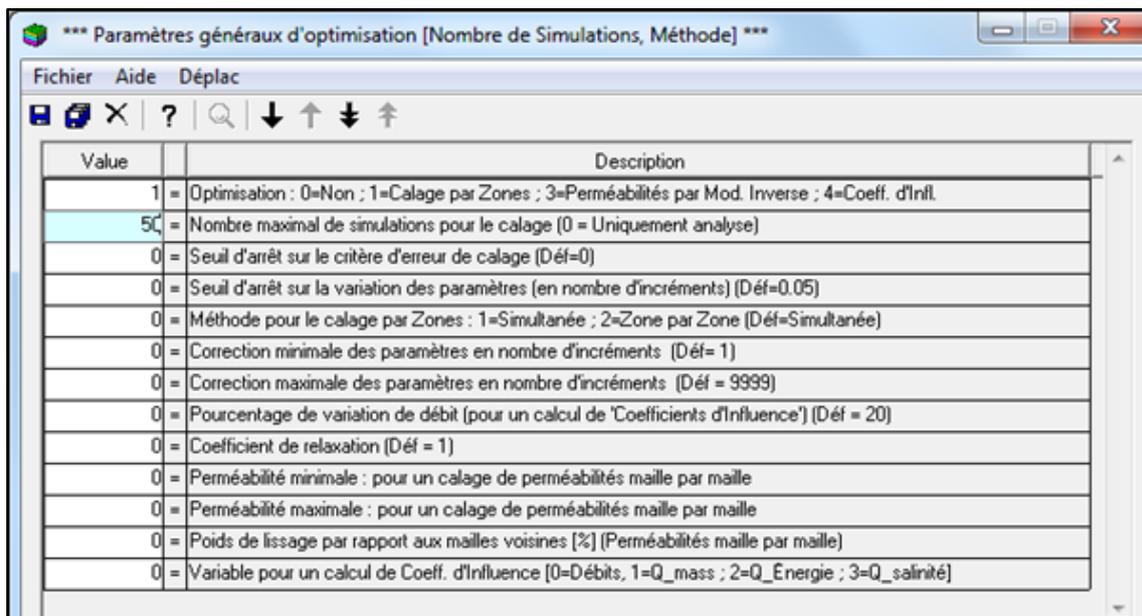


Figure 3 : Paramètres généraux (nombre de simulations, incréments).

### 3.3 Paramètres généraux (pas de temps, affichages)

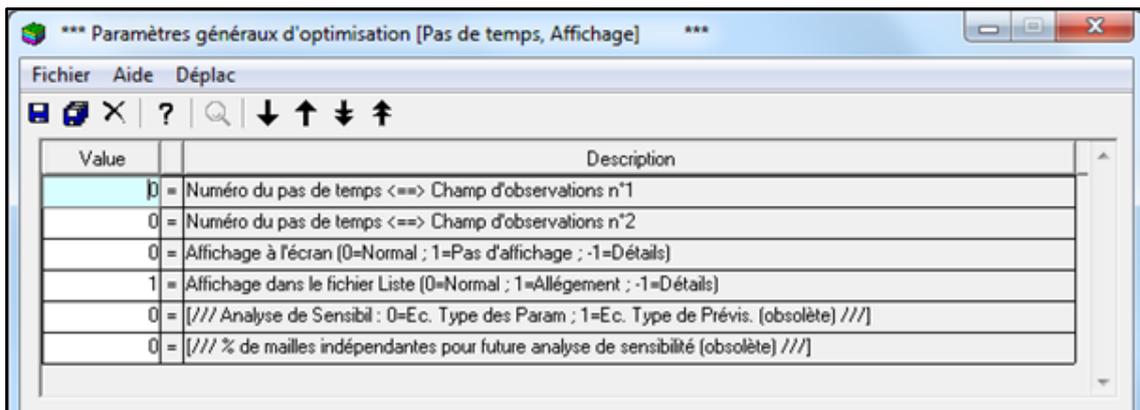


Figure 4 : Paramètres généraux : pas de temps, affichages.

### 3.4 Paramètres généraux (pondérations)

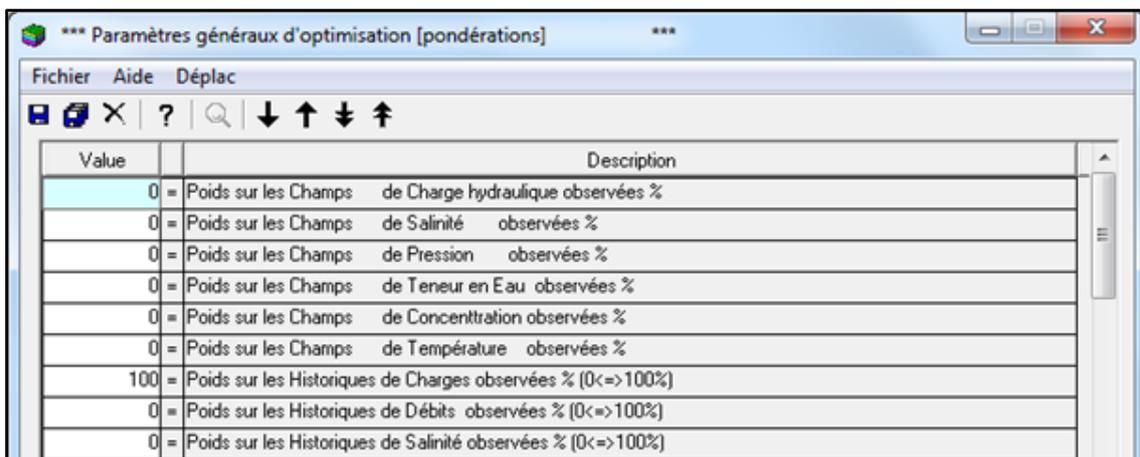


Figure 5 : Paramètres généraux : pondérations des cartes observées et des historiques observés).

### 3.5 Écarts-types, corrélations, intervalles de confiance

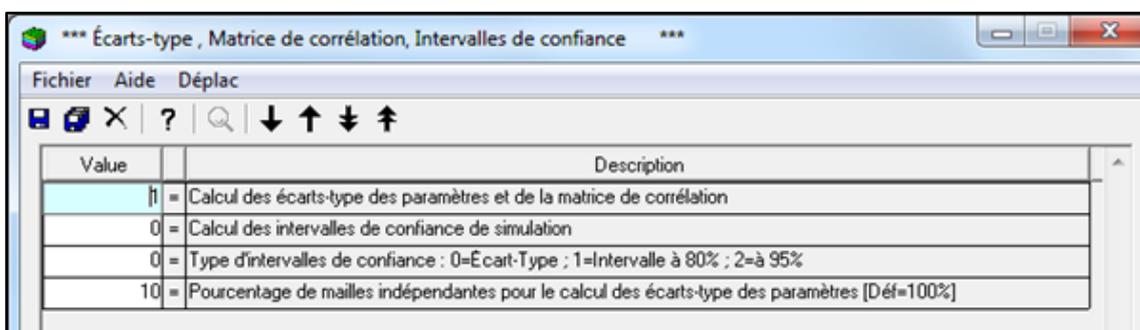


Figure 6 : Paramètres généraux : écarts-types, intervalles de confiance.

### 3.6 Choix d'une variable ou d'un paramètre

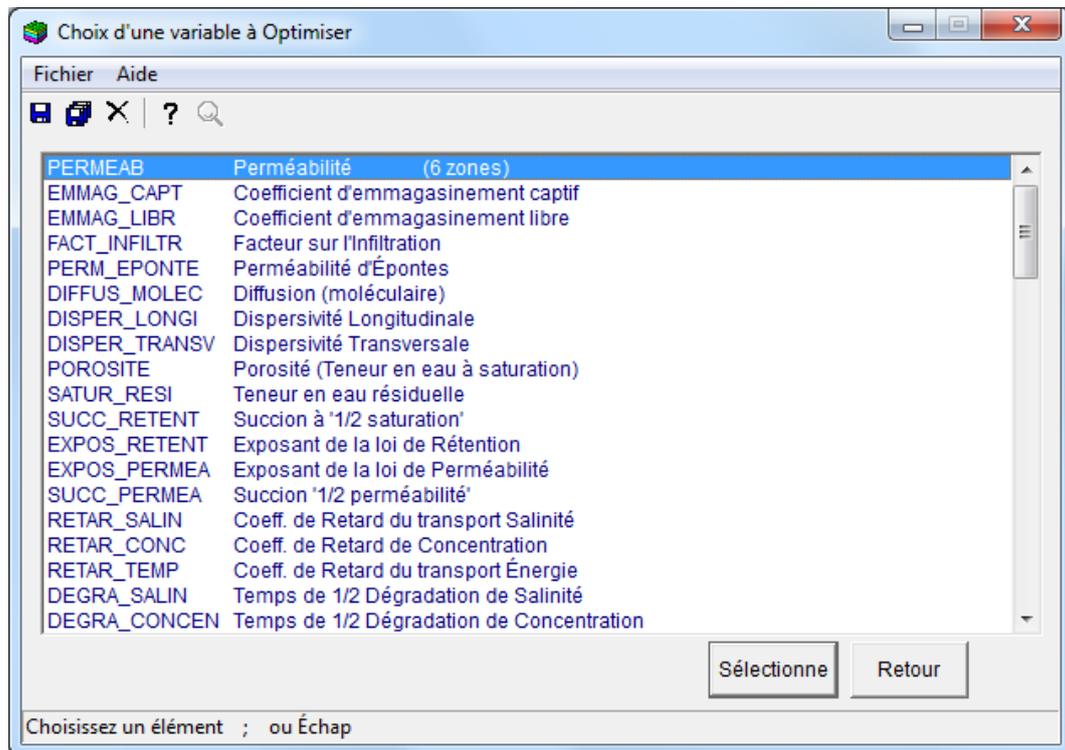


Figure 7 : Choix d'une variable ou d'un paramètre.