

# EQUIL v6

## Principes.

Le logiciel **EQUIL** est un logiciel de *calcul des équilibres calco-carboniques*.

Il permet de caractériser une eau ou un mélange de plusieurs eaux (c'est à dire d'établir si une eau est entartrante, agressive ou à l'équilibre) et/ou de déterminer un traitement adéquat pour ramener une eau à l'équilibre. Les traitements proposés sont ceux que l'on trouve habituellement sur les usines de production d'eau potable.

Ce logiciel a été codé et implémenté sous QuickBasic v4.5.

Les principes de développement ont été largement inspirés des programmes que l'on peut trouver dans le domaine. Ces principes sont les suivants :

- La possibilité à tout moment dans un calcul de revenir à l'étape antérieure,
- Des contrôles automatiques à la saisie des données,
- Des avertissements pour guider l'utilisateur sur les données introduites, les calculs effectués et les résultats.

Les calculs effectués dans EQUIL sont basés sur la méthode, dite simplifiée, de MM.HALLOPEAU-DUBIN. Celle-ci est surtout connue de part l'utilisation du *graphique carbonique* sur papier, avec un gabarit permettant de tracer l'évolution de l'eau suite à un traitement.

Le logiciel reproduit cette démarche, d'une part en réalisant tous les calculs selon les équations établies par Hallopeau-Dubin, mais également il est complété par les calculs des équations chimiques classiques acido-basiques, de précipitation, etc.

Par ailleurs, les calculs de la méthode Hallopeau-Dubin-Ravarini (HDR) ont été comparés avec ceux de la méthode dite complète, à savoir celle de LEGRAND-POIRIER-LEROY (LPL).

Cette comparaison a été effectuée sur la base des logiciels EQUIL et LPL-WIN.

Elle a permis de cerner le domaine de validité du logiciel EQUIL, celui-ci reproduisant quasiment les mêmes résultats que LPL-WIN.

Nouvelle version d'EQUIL (v6.2 F), elle répond aux besoins suivants :

- Faire des calculs sur site à partir de mesures effectuées sur place et transcrites sur un portable,
- Donner aux techniciens (professeurs, étudiants) du domaine de l'eau un outil de calcul des équilibres calco-carboniques amélioré, utilisable dans plus de 90% des eaux rencontrées en France,
- Permettre aux exploitants d'usines de production d'aider au pilotage et au diagnostic de la qualité de l'eau en réseau de distribution, mais également d'eaux industrielles.
- Permettre des tests de type laboratoire (ajouts dosés),
- Pouvoir imprimer tous les résultats.
- Servir d'outil pédagogique pour comprendre ce que sont les équilibres calco-carboniques.

Ce qui n'a pas changé :

- Simplicité d'emploi et d'affichage,
- Paramètres général d'introduction, nécessaires aux calculs, limités à cinq,
- Calculs basés sur la méthode, dite simplifiée, de MM.HALLOPEAU-DUBIN, complété par l'auteur par des calculs d'équations chimiques classiques, acido-basiques, de précipitation, etc.

...

Ce qui a changé :

- Nouvelle présentation (couleurs d'affichage différentes),
- Nouveau menu de traitement : possibilité d'effectuer un ajout dosé, soit acide, basique, ou chlorés (chlore ou eaux de Javel) ou réactif d'augmentation de l'ion calcium (sans variation sensible de l'alcalinité),
- Menu de l'ajustement du pH de l'eau : nouveaux acides (nitrique, phosphorique et acétique) et nouvel agent basique : hydrogènocarbonate de sodium (bicarbonate),
- Menu du traitement de coagulation/floculation : nouveaux réactifs : Sulfate d'Alumine liquide, WAC HB,
- Pour tous les réactifs (hors coagulants) : prise en compte de la pureté du produit (si inconnue = 100%),
- Affichage des résultats numériques : il est signalé les variations de TAC, Calcium, de certains sels (SO<sub>4</sub>, Cl) et des changements d'agressivité,
- Rectifications de quelques "bugs" d'affichage ou de limitation de calcul,
- Nouveau système d'impression sur les différents branchements d'imprimantes (parallèle, USB, sur locale et réseau simple).

EQUIL est suffisamment fiable (voir *Domaine de validité*) dans la plupart des cas pour conduire le traitement en usine et surveiller la qualité de l'eau en réseau.

Il permet également une bonne approximation du dimensionnement d'une filière de traitement.

LPL-Win reste le logiciel de référence (calculs avec moins d'approximations) pour :

- L'expertise extra-fine de l'eau en laboratoire,
- La caractérisation des eaux fortement minéralisées (voir la rubrique Domaine de validité).

-----

## Utilisation du logiciel.

Le logiciel EQUIL v6 permet de caractériser des eaux étudiées, ainsi que les traitements qui leur sont appliqués.

Le logiciel propose de créer de nouveaux calculs au démarrage. Ceux-ci ne seront pas enregistrés, cette fonction n'étant pas prévue actuellement ; il faut donc veiller à imprimer les différents résultats obtenus.

Le nom du test en cours peut être affiché à l'écran (référence de l'eau).

Outils de calcul proposés :

### **Introduction des données et caractérisation :**

Le logiciel calcule le pHs, le CO<sub>2</sub> libre, l'indice de saturation et celui de Ryznar et indique l'état de l'eau : entartrante, équilibrée ou agressive.

### **Traitements :**

Après caractérisation de l'eau, il est proposé les traitements suivants :

- Correction de l'agressivité (par aération ou par neutralisation),
- Floculation (effet sur le pH /TAC, et par suite sur l'équilibre),
- pH (ajustement),
- Reminéralisation,
- Adoucissement,
- Dose de réactifs : ajouts dosés d'acide, base, chlore ou eaux de Javel, ou ion calcium.

Le calcul consiste en un enchaînement de traitements par le logiciel.  
Après chaque traitement, on visualise les résultats numériques, et l'on peut les imprimer.

**Mélange avec une autre eau :**

Cet outil permet de caractériser une eau obtenue par mélanges d'eaux (en nombre non limité) dont on a indiqué les pourcentages respectifs de chacune dans l'eau finale.

**LARSON (indice de corrosion) :**

Il s'agit du calcul de l'indice de corrosion des métaux, selon Larson (LR ou Larson Ratio).

L'indice de Larson est égal à :  $LR = (2 [SO_4^{2-}] + [Cl^-]) / [HCO_3^-]$   
(avec des concentrations exprimées en moles/litres).

A noter que toutes les possibilités de traitement (ajustement, floculation, etc.) permettent d'effectuer ce calcul, sauf l'aération : le TAC ne variant pas dans ce cas de figure.

Le résultat peut s'interpréter de la manière suivante :

LR	Tendances
LR < 0,2	Pas de tendance à la corrosion
0,2 ≤ LR < 0,4	Faible tendance
0,4 ≤ LR < 0,5	Légère tendance
0,5 ≤ LR < 1,0	Tendance moyenne
LR ≥ 1	Nette tendance à la corrosion

Nota - le calcul n'est pas mémorisé actuellement : si l'on désire le conserver, il est nécessaire d'imprimer les résultats du test au moment de l'affichage des résultats.

**Note sur l'Indice de Ryznar:**

Il est appelé également *indice de stabilité* et est calculé par la formule simple :

Indice de Ryznar = 2 pHs - pH

Cet indice donne une indication de la tendance corrosive ou incrustante (entartrante) de l'eau.

Il est donné simplement à titre indicatif dans le logiciel, car sa validité n'est pas reconnue par tous les intervenants dans le domaine des équilibres calco-carboniques.

Le résultat peut s'interpréter de la manière suivante :

IR	Tendances
IR ≤ 6,5	Pas de tendance à la corrosion des métaux
6,5 < IR ≤ 7,2	Corrosion légère
7,2 < IR ≤ 7,8	Corrosion légère (sévère si T > 60 °C)
7,8 < IR ≤ 8,5	Corrosion sévère (≥ 15 °C)
IR > 8,5	Nette tendance à la corrosion des métaux

-----

...

## Domaine de validité.

Basé sur la méthode de calcul Hallopeau-Dubin modifiée, ce programme doit être considéré comme une méthode simplifiée par rapport à la méthode complète de Legrand-Poirier-Leroy, il a par ailleurs fait l'objet d'une étude comparative : un groupe de travail piloté par la Direction Technique d'une Compagnie des Eaux (très connue dans le domaine français) a procédé à la comparaison des 2 méthodes de calcul, à travers les logiciels basés sur les deux méthodes.

Ce travail a permis de préciser le domaine de validité des calculs selon la méthode simplifiée, et donc du logiciel EQUIL :

- Eau naturelle,
- Pression proche de la pression atmosphérique,
- Température comprise entre 0 °C et 80 °C

Si la température est en dehors de ces limites, le calcul n'est pas effectué.

- pH entre 4.5 et 9.5,

Si le pH est en dehors de ces limites mais entre 0 et 14, un message d'alerte apparaît mais le calcul est quand même effectué. Si le pH est en dehors du domaine 0 - 14, le calcul n'est pas effectué.

- Minéralisation

La comparaison entre les logiciels a permis d'établir que les résultats sont tout à fait comparables jusqu'à une conductivité de 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (microSiemens / cm) et que les résultats d'EQUIL sont encore acceptables jusqu'à 1055  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (écart sur l'indice de saturation de l'ordre de 0,15 unités pH).

A partir des données 2001 de la base de données de Qualité des Eaux de cette Compagnie, il a été établi qu'en France :

- 92% des points de captage ont une eau ayant une conductivité inférieure à 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (eau avant traitement) sur la base de 1957 points de captage (moyenne nationale 488  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 98% inférieure à 1055  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

- 95% des usines de production ont une eau ayant une conductivité inférieure à 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (eau après traitement) sur la base de 2460 usines de production (moyenne nationale 485  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 99% inférieure à 1055  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

- 94% des volumes issus des points de captage ont une eau ayant une conductivité inférieure à 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (eau avant traitement) sur la base de 1156 points de captage (moyenne nationale pondérée 470  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 99% inférieure à 1055  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

La limite d'utilisation du logiciel EQUIL est donc indiquée pour 1055  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour la conductivité, ce qui couvre 99% des eaux en France, cependant il est à noter que le calcul s'effectue normalement pour toutes les valeurs introduites.

Nota - La correspondance de ces seuils en résidu sec et résistivité est la suivante :

RS en mg/l en fonction de la résistivité (en Ohm/cm) :

Si résistivité > 20000 alors RS = 1365079 / résistivité

Si résistivité > 6024 et <= 20000 alors RS = 947658 / résistivité

Si résistivité > 3003 et <= 6024 alors RS = 769574 / résistivité

Si résistivité > 1200 et <= 3003 alors RS = 715920 / résistivité

Si résistivité > 100 et <= 1200 alors RS = 758544 / résistivité

Si résistivité <= 100 alors RS = 850432 / résistivité

RS en mg/l en fonction de la conductivité (en microSiemens / cm) :

Si conductivité < 50 alors RS = 1.365079 x conductivité

Si conductivité > 50 et <= 166 alors RS = .947658 x conductivité

Si conductivité > 166 et <= 333 alors RS = .769574 x conductivité

Si conductivité > 333 et <= 833 alors RS = .71592 x conductivité

Si conductivité > 833 et <= 10000 alors RS = .758544 x conductivité

Si conductivité > 10000 alors RS = .850432 x conductivité

Correspondance entre la résistivité (Ohm.cm) et la conductivité (microSiemens / cm) :

résistivité = (1 000 000 / conductivité),

conductivité = (1 000 000 / résistivité).

-----

**Remarques :**

- le logiciel est compatible Windows 98, Me, 2000, NT, XP et VISTA ,

NB. pour ce dernier système d'exploitation, il a été signalé que certains programmes fonctionnant "sous DOS" - comme Equil - transforme le clavier en QWERTY dès son chargement en mémoire, il s'agirait d'un bug qui n'existe que pour la version de base Vista EF-Basique).

- le logiciel est considéré comme un programme monoposte, mais peut être utilisé en réseau dans la mesure où il est implanté sur un serveur de réseau et chargeable par les membres de ce réseau (mais il n'est pas un "logiciel réseau" tel quel).

- les mises à jour du logiciel sont signalés sur le site internet Hydro-Land, et téléchargeables sur demande par envoi spécifique aux acheteurs.

- une version anglaise est disponible, et par ailleurs il est rappelé que l'auteur peut développer sur demande, des versions adaptées au besoin du professionnel.

\*\*\*\*\*