

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



LA VALEF

Département: Génie Chimique

Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles

Mémoire de Master en Génie Chimique

**Contribution à l'élaboration d'un programme
pour une unité de traitement des effluents textiles.**

Meriem KOUBLADJI

Sous la direction de : Mme S. HADDOUM MCB(ENP)

Mme F. MEZIANI MAA(ENP)

Présenté et soutenu publiquement le (18/06/2017)

Composition du Jury :

Présidente Mme F. MOHELLEBI Pr (ENP)

Promotrices Mme S. HADDOUM MCB (ENP)

Mme F. MEZIANI MAA (ENP)

Examineurs M A. SELATNIA Pr (ENP)

Mme F. KIES MCA (ENP)

ENP 2017

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



LAVALEF

Département: Génie Chimique

Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles

Mémoire de Master en Génie Chimique

**Contribution à l'élaboration d'un programme
pour une unité de traitement des effluents textiles.**

Meriem KOUBLADJI

Sous la direction de : Mme S. HADDOUM MCB(ENP)

Mme F. MEZIANI MAA(ENP)

Présenté et soutenu publiquement le (18/06/2017)

Composition du Jury :

Présidente Mme F. MOHELLEBI Pr (ENP)

Promotrices Mme S. HADDOUM MCB (ENP)

Mme F. MEZIANI MAA (ENP)

Examineurs M A. SELATNIA Pr (ENP)

Mme F. KIES MCA (ENP)

ENP 2017

المخلص: المساهمة في إعداد برنامج من أجل وحدة معالجة مياه الصرف الصناعي للصناعة النسيجية.

غالبا ما تحتوي مياه الصرف الصناعي للصناعة النسيجية على كميات معتبرة من الأصباغ التي تشكل خطرا على البيئة. توفر ظاهرة الامتزاز واحداً من الحلول المناسبة لمعالجة هذه النفايات السائلة.

توجد عدة أنواع من المواد التي تستعمل كعامل امتزاز، من بين هذه المواد نستعمل البنتونيت الطبيعي التي تعطي نتائج مذهلة من حيث نوعية المياه بعد العلاج.

تحديد الكتلة المثلى من البنتونيت المطلوبة لامتزاز يمثل معيارا حاسما لنوعية المياه بعد العلاج.

من أجل تقليل وقت الحساب وتجنب الوقوع في أخطاء، يسمح البرنامج المصمم بتحديد كمية البنتونيت اللازمة لتنقية مياه الصرف الصناعي التي تحتوي على أصباغ من نوع بيزاكريل.

البرنامج الذي تم تطويره يقوم بتحديد الكتلة المثلى التي تسمح بالتخلص من الأصباغ الموجودة في سبعة أنواع من مياه الصرف (مياه الصرف تحتوي على صبغ واحد، مياه تحتوي على صبغين، مياه تحتوي على ثلاثة أصباغ) **الكلمات المفتاحية:** الامتزاز، الأصباغ، برنامج، كمية البنتونيت.

Abstract: Contribution to the development of a program for a unit of textile effluent treatment.

Textile effluents contain often dyes that are dangerous for the environment. The phenomenon of adsorption is one of the solutions to treat these effluents. There are many types of adsorbents used in discoloring of effluent, among it, we are using natural bentonite.

The determination of the optimal mass of bentonite required for adsorption presents a crucial criterion for the quality of the water after treatment.

In order to minimize the time of calculation and avoid falling into errors, the designed program allows the determination of the bentonite masses necessary for the discoloration of effluents containing the BEZACRYL dyes.

The program developed in the C++ language performs the determination of the adsorbent mass for discoloration of seven types of effluent (Three effluent containing a single dye, three effluents containing two dyes and an effluent containing three dyes).

Key words: Adsorption, dyes, program, dose of bentonite.

Résumé : Contribution à l'élaboration d'un programme pour une unité de traitement des effluents textiles

Les effluents textiles sont souvent chargés de quantités considérables en colorants nocifs à l'environnement. Le phénomène d'adsorption est l'une des solutions pour traiter ces effluents. Plusieurs types d'adsorbants peuvent être utilisés, dans ce travail nous avons utilisé la bentonite naturelle.

La détermination de la masse optimale de bentonite nécessaire à l'adsorption présente un critère primordial sur la qualité des eaux après traitement.

Dans le but de minimiser le temps de calcul, un programme permettant la détermination des masses de bentonite nécessaires à la décoloration des effluents contenant les colorants de la gamme BEZACRYL a été conçu. Le programme élaboré dans le langage C++ permet la détermination de la masse d'adsorbant pour la décoloration de sept types d'effluents (trois effluents contenant un seul colorant, trois effluents contenant deux colorants et un effluent contenant trois colorants).

Mots clés : adsorption, colorants, programme, masse de bentonite.

Dédicaces

A la mémoire de mon père

A ma mère

A mes frères et sœurs

A tous mes enseignants depuis l'école primaire jusqu'à l'ENP

A mes ami(e)s

Je dédie ce modeste travail

Meriem

Remerciements

Eloge à Allah le tout puissant qui nous a accordé le droit chemin, le savoir et l'opportunité de poursuivre nos études et la force pour réaliser ce modeste travail.

*Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à mes encadreurs :
Mme S.HADDOUM et Mme F.MEZIANI pour leurs disponibilités, leurs aides, leurs critiques constructives et leurs bonnes humeurs durant toutes les étapes de ce projet, leurs dévouements, conseils et suivis, qui m'ont permis de mener mon travail à terme.*

*Je remercie **Mme F. MOHELLEBI** pour avoir accepté de présider ce jury ainsi que **Mr A.SELATNIA et Mme F. KIES** qui ont bien voulu étudier ce travail et participer à la commission d'examen afin de le juger.*

Je souhaite aussi remercier tous les enseignants qui m'ont enseignée durant tous mon cursus d'étude depuis l'école primaire jusqu'à ce jour.

*Je remercie en particulier mon cher enseignant qui m'a appris à aimer la programmation **Mr Fouad MALIKI** enseignant à l'école préparatoire en sciences et techniques de Tlemcen.*

Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail trouvent ici l'expression de ma sincère gratitude.

Merci infiniment à tous.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Liste des nomenclatures

| | |
|---|----|
| Introduction | 10 |
| Chapitre 1 : Généralités sur les adsorbants discontinus équipés d'une cuve agitée..... | 12 |
| 1.1. ADCA dans le traitement des eaux industrielles..... | 12 |
| 1.2. ADCA à un seul étage | 13 |
| 1.3. Calcul de la quantité d'adsorbant dans les ADCA..... | 13 |
| Chapitre 2 : Réalisation du programme | 16 |
| 2.1. Programme de démarrage :..... | 16 |
| 2.2.1 Le principe de fonctionnement (organigramme)..... | 17 |
| 2.2.2 Le script du programme de démarrage « Dyes_Program »..... | 18 |
| 2.2. Procédure de calcul des masses d'adsorbant..... | 20 |
| 2.3. Programme calculant la masse de bentonite pour un effluent contenant un seul colorant 20 | |
| 2.3.1. Méthode de calcul de la masse d'adsorbant | 20 |
| 2.3.2. Principe de fonctionnement des programmes : Masse_JB_1, Masse_RB_1, Masse_BB_1 (Organigrammes)..... | 21 |
| 2.3.3. Les scripts..... | 25 |
| a) Masse_JB_1 | 25 |
| b) Masse_RB_1..... | 27 |
| c) Masse_BB_1..... | 29 |
| 2.4. Programmes calculant la masse de bentonite pour un effluent contenant deux ou trois colorants | 31 |
| 2.4.1. Méthode de calcul de la masse d'adsorbant | 31 |
| 2.4.2. Les fonctions : conc_JB_RB, conc_JB_BB, conc_RB_BB, conc_JB_RB_BB | 33 |
| a) « conc_JB_RB » | 33 |
| b) « conc_JB_BB » | 33 |
| « conc_RB_BB » | 34 |
| c) « conc_JB_RB_BB »..... | 34 |
| d) Appels des fonctions..... | 34 |

| | |
|--|----|
| 2.4.3. Principe de fonctionnement des programmes : Masse_melange_JB_RB, Masse_melange_JB_BB, Masse_melange_RB_BB, Masse_melange_JB_RB_BB (Organigrammes) | 34 |
| 2.4.4. Les scripts..... | 39 |
| a) « Masse_melange_JB_RB » | 39 |
| b) « Masse_melange_JB_BB » | 42 |
| c) « Masse_melange_RB_BB » | 45 |
| d) « Masse_melange_JB_RB_BB » | 47 |
| 2.5. Réalisation d'une interface graphique | 51 |
| Conclusion..... | 55 |
| Références | |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1. Les informations utilisées dans le programme (BOUCHIHA et KOUBLADJI) | 21 |
| Tableau 2. Les valeurs des coefficients k_{ilj} | 32 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1. 1 Étapes de traitement dans le cas de l'adsorption à un seul étage | 13 |
| Figure 1. 2 Processus d'adsorption à un seul étage | 13 |
| Figure 1. 3 Droite opératoire pour un adsorbent à un seul étage | 14 |
| Figure 2. 1. Organigramme présentant le principe de fonctionnement de Dyes_Program | 17 |
| Figure 2. 2 : Organigramme de "Masse_JB_1" | 22 |
| Figure 2. 3 : Organigramme de "Masse_RB_1" | 23 |
| Figure 2. 4 : Organigramme de "Masse_BB_1" | 24 |
| Figure 2. 5. Organigramme de fonctionnement de Masse_melange_JB_RB | 35 |
| Figure 2. 6. Organigramme de fonctionnement de Masse_melange_JB_BB | 36 |
| Figure 2. 7. Organigramme de fonctionnement de Masse_melange_RB_BB | 37 |
| Figure 2. 8. Organigramme de fonctionnement de Masse_melange_JB_RB_BB | 38 |
| Figure 2. 9. Étape 1 d'exécution | 52 |
| Figure 2. 10. Étape 2 | 52 |
| Figure 2. 11. Étape 3 | 53 |
| Figure 2. 12. Étape 4 | 53 |
| Figure 2. 13. Étape 5 | 54 |
| Figure 2. 14. Étape 6 | 54 |

Liste des abréviations

ADCA : Adsorbours Discontinus équipés d'une Cuve Agitée

BB : Bleu BEZACRYL

ILS : Inverse Least Square

JB : Jaune BEZACRYL

RB :Rouge BEZACRYL

Liste des nomenclatures

| Symbole | Signification | Unités |
|-----------------------|--|---------------------|
| A ou abs | Absorbance | - |
| A_λ | L'absorbance de l'échantillon à la longueur d'onde λ | - |
| C_{eq} | Concentration à l'équilibre | $mg.L^{-1}$ |
| C_0 | Concentration initiale | $mg.L^{-1}$ |
| k | La pente de la droite d'étalonnage | $mg^{-1}.L$ |
| l | Trajet optique de la cellule | cm |
| m_A | Masse d'adsorbant | g |
| m_{BB} | Masses de bentonite nécessaires à la décoloration d'un effluent contenant le colorant BB | g |
| m_{JB} | Masses de bentonite nécessaires à la décoloration d'un effluent contenant le colorant JB | g |
| m_{RB} | Masses de bentonite nécessaires à la décoloration d'un effluent contenant le colorant RB | g |
| q_{eq} | Quantité de soluté adsorbé à l'équilibre | $mg.g^{-1}$ |
| q_0 | Quantité de soluté adsorbé à l'état initial | $mg.g^{-1}$ |
| ε_λ | Coefficient spécifique d'absorbance | $cm^{-1}.mg^{-1}.L$ |
| λ | Longueur d'onde | nm |
| λ_{max} | Longueur d'onde d'absorbance maximale | Nm |

Introduction

Des travaux effectués par nos prédécesseurs nous ont épargné, pendant longtemps, l'utilisation d'équations et la manipulation de calculs fastidieux nécessaires à l'obtention de certains résultats et ce en réalisant des tables, des tableaux, des diagrammes, des abaques, etc...

Actuellement avec l'outil informatique, il est possible de transcrire des équations et autres en langage évolué sous forme de logiciel opérationnel.

Afin de minimiser le temps de calcul et éviter de tomber dans les erreurs, le programme que nous allons concevoir, permet la détermination des masses de bentonite nécessaires à la décoloration des effluents contenant les colorants de la gamme BEZACRYL.

La décoloration des effluents se fait par phénomène d'adsorption, les colorants sont adsorbés sur la surface de l'adsorbant (la bentonite naturelle). La détermination exacte de la masse de bentonite nécessaire à la décoloration est primordiale.

Pour des solutions de concentration quelconque, il s'agira de déterminer, à l'aide de la méthode de calcul proposée, la masse de bentonite à utiliser.

Les données sur l'adsorption des colorants utilisés sont issues des résultats obtenus lors d'un travail de projet de fin d'étude en cours (*BOUCHIHA & KOUBLADJI, 2017*)

Cette étude comporte deux chapitres :
Le premier chapitre traite les adsorbants discontinus équipés en cuve agitée.
Dans le deuxième chapitre nous avons élaboré un programme basé sur le langage C++ ainsi que la conception d'une interface graphique permettant la détermination de la masse d'adsorbant à utiliser dans le cas d'adsorbants discontinus équipés en cuve agitée.

Chapitre 1

**Généralités sur les adsorbeurs discontinus
équipés d'une cuve agitée**

Chapitre 1 : Généralités sur les adsorbants discontinus équipés d'une cuve agitée

Dans la pratique de l'adsorption, différentes variantes de processus et types d'adsorbants sont utilisés (réacteurs à lit fixe, réacteurs à lit fluidisé). La séparation par un procédé d'adsorption est généralement discontinue comportant une phase d'adsorption suivie d'une phase de régénération.

Notre programme est destiné pour un adsorbant de type ADCA (Adsorbants Discontinus en Cuve Agitée)

1.1. ADCA dans le traitement des eaux industrielles

En règle générale, les réacteurs discontinus équipés en cuve agitée sont utilisés lorsque certains critères sont vérifiés :

1. Les impuretés présentes ont une faible concentration dans le liquide (décoloration, composés nocifs...) (*SUN, MEUNIER, & BARON, 2005*)
2. Un taux d'adsorption très élevé est souhaité (*Worch, 2012*)
3. L'équilibre est atteint au bout d'un temps de contact très court.
4. L'adsorbant doit être très sélectif et peu coûteux. (*SUN, MEUNIER, & BARON, 2005*).

Les adsorbants discontinus sont appliqués pour des adsorbants en poudre, de sorte qu'après un certain temps de contact, une étape de séparation supplémentaire est nécessaire pour l'élimination des particules d'adsorbant.

Il faut cependant remarquer que l'utilisation de poudres, peut poser problème lors de la séparation du liquide en fin de contact. Il faut donc choisir une granulométrie convenable. (*SUN, MEUNIER, & BARON, 2005*).

L'opération d'adsorption dans ce type d'adsorbants peut être effectuée de différentes manières : système batch à un seul étage ou système batch à plusieurs étages (en cascade) (Sam, et al., s.d.). Nous avons abordé dans notre travail un seul cas, celui du système batch à un seul étage.

1.2. ADCA à un seul étage

Dans un traitement en batch à un seul étage, un adsorbant frais entre en contact avec le fluide dans une cuve équipée d'un agitateur. Après le temps de contact requis, l'adsorbant est séparé du fluide par filtration. La qualité souhaitée du fluide purifié est obtenue, et l'adsorbant usé est éliminé ou régénéré (*Sam, et al., s.d.*).

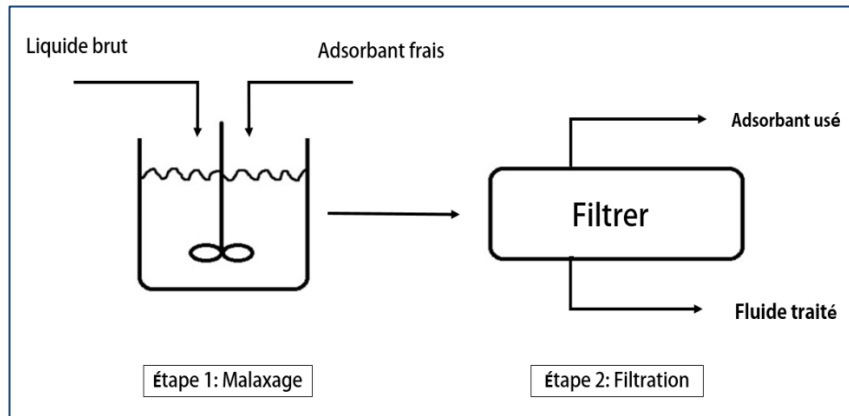


Figure 1. 1 Étapes de traitement dans le cas de l'adsorption à un seul étage

1.3. Calcul de la quantité d'adsorbant dans les ADCA

Afin de réaliser un processus d'adsorption dans un ADCA, il est nécessaire de connaître la quantité optimale d'adsorbant pour un traitement donné, c'est-à-dire la quantité d'adsorbant nécessaire pour atteindre une concentration résiduelle donnée (concentration d'équilibre).

Le schéma de la figure 1.2 montre le processus d'adsorption (*Worch, 2012*).

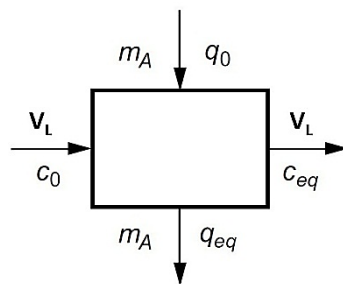


Figure 1. 2 Processus d'adsorption à un seul étage

L'équation de la détermination de la masse pour un réacteur discontinu est la même que celle utilisée pour la détermination des isothermes :

$$m_A(q_{eq} - q_0) = V_L(C_0 - C_{eq}) \quad (1)$$

La masse peut être donc calculée à partir de l'équation suivante :

$$m_A = \frac{C_0 - C_{eq}}{q_{eq}} \times V_L \quad (2)$$

Avec : q_{eq} est donné par l'isotherme $q_{eq} = f(C_{eq})$.

La ligne de fonctionnement d'un processus d'adsorption est donnée par l'équation 1.2:

$$q(t) = \frac{V_L}{m_A} C_0 - \frac{V_L}{m_A} C(t) \quad (3)$$

Pendant le processus d'adsorption, la concentration réelle $C(t)$ diminue de $C(t) = C_0$ à $C(t)=C_{eq}$ (Figure 1.3). La pente de la ligne de fonctionnement est donnée par $(-V_L / m_A)$.

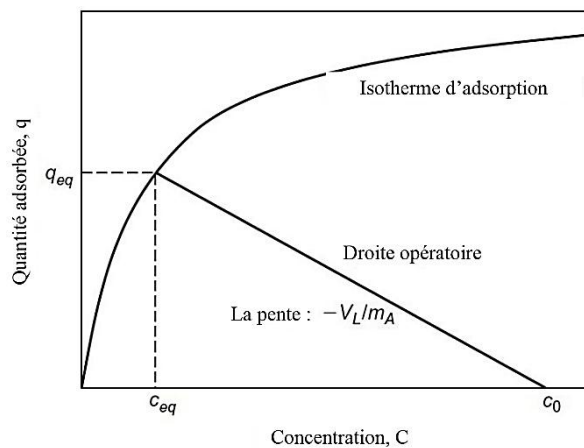


Figure 1. 3 Droite opératoire pour un adsorbant à un seul étage

Chapitre 2

Réalisation du programme

Chapitre 2 : Réalisation du programme

2.1. Programme de démarrage :

Le programme est réalisé en premier lieu sous forme d'un script sur le langage de programmation C++.

Le programme est constitué de l'assemblage de sept (7) opérations de calcul de masse pour sept types d'effluents, vu que les effluents textiles peuvent contenir un ou plusieurs colorants.

1. Effluent contenant que le BEZACRYL Jaune or GL 200
2. Effluent contenant que le BEZACRYL Rouge GRL 180
3. Effluent contenant que le BEZACRYL Bleu GRL 300
4. Effluent contenant un mélange des deux colorants : jaune et rouge
5. Effluent contenant un mélange des deux colorants : jaune et bleu
6. Effluent contenant un mélange des deux colorants : rouge et bleu
7. Effluent contenant le mélange des trois colorants.

Le script d'accès initial est un programme de sélection conçu sous forme d'un branchement d'instructions, le passage au calcul de masse pour un type de colorant se fait par la précision d'un choix parmi sept choix suggérés.

Dans ce qui suit, on va décrire les trois premiers scripts ensemble, puisqu'ils ont la même méthode de calcul, puis les quatre suivants qui représentent le cas de mélanges de colorants.

2.2.1 Le principe de fonctionnement (organigramme)

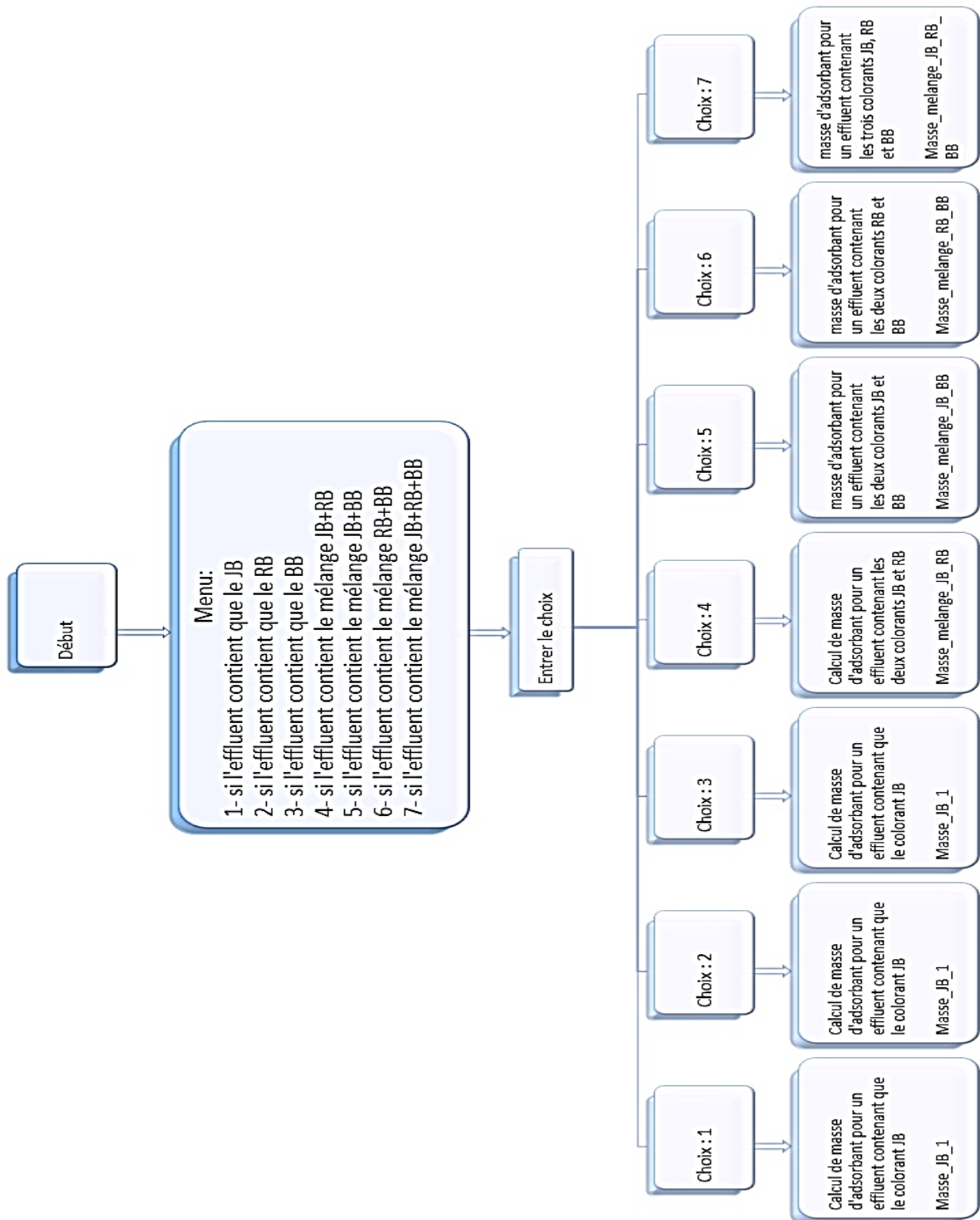


Figure 2. 1. Organigramme présentant le principe de fonctionnement de Dyes_Program

2.2.2 Le script du programme de démarrage « Dyes_Program »

```
#include<iostream>

using namespace std;

int e

intmain(){

cout<<"Entrez: \n"

<<"1- si l'effluent contient que le JB \n"
<<"2- si l'effluent contient que le RB \n"
<<"3- si l'effluent contient que le BB \n"
<<"4- si l'effluent contient le mélange JB+RB (ORANGE) \n"
<<"5- si l'effluent contient le mélange JB+BB (VERT) \n"
<<"6- si l'effluent contient le mélange RB+BB (VIOLET) \n"
<<"7- si l'effluent contient le mélange des trois colorants
Bezacryl(marron foncé) \n";

cout<<"Entrez votre choix:"

cin>>e;

switch (e){

case 1 :

    Masse_JB_1();

break;

case 2 :

    Masse_RB_1();

break;

case 3 :

    Masse_BB_1();

break;

case 4 :

Melange_JB_RB();
```

```
break;
case 5 :
Melange_JB_BB();
break;
case 6 :
Melange_RB_BB();
break;
case 7 :
Melange_JB_RB_BB();
break;
default :
cout<<"Choix incorrect\n";
break;
}
system("pause");
return 0;
}
```

2.2. Procédure de calcul des masses d'adsorbant

La masse d'adsorbant est fonction de trois paramètres la quantité adsorbée, la concentration finale après adsorption et la concentration initiale de l'effluent en colorant avant traitement.

$$m_A = \frac{C_0 - C_{eq}}{q_{eq}} \times V_L \quad (2)$$

En fixant la concentration résiduelle C_{eq} et la quantité adsorbée à l'équilibre q_{eq} , on peut calculer la masse d'adsorbant en ayant comme données la concentration initiale de l'effluent en colorant C_0 et le volume V_L .

L'absorbance étant fonction de la concentration, le programme aura donc comme grandeurs d'entrée l'absorbance à la longueur d'onde λ_{max} .

L'absorbance est ensuite convertie en concentration en exploitant le tableau 2.1.

Le calcul s'effectuera donc en deux étapes :

1. Détermination de la concentration initiale C_0 à partir de l'absorbance.
2. Calcul de la masse de bentonite en utilisant l'équation 1.2.

2.3. Programme calculant la masse de bentonite pour un effluent contenant un seul colorant

2.3.1. Méthode de calcul de la masse d'adsorbant

Comme déjà vu précédemment, il est nécessaire de connaître la concentration initiale afin de déterminer la masse.

La loi de Beer-Lambert nous permet la détermination de cette concentration selon l'équation :

$$A_\lambda = \varepsilon_\lambda l C \quad (4)$$

Avec :

- A_λ : l'absorbance de l'échantillon à la longueur d'onde λ
- ε_λ : coefficient spécifique d'absorbance
- l : trajet optique de la cellule
- C : concentration des molécules qui absorbent à la longueur d'onde λ

Les courbes d'étalonnage $A=f(C)$ dans le cas des trois colorants sont des droites passant par l'origine.

La concentration C_0 sera donc calculée par la relation 1.5 :

$$C_0 = \text{abs}/k \quad (5)$$

Avec :

- **k** : la pente de la droite d'étalonnage.
- **abs** : l'absorbance de l'effluent.

Cependant, la droite d'étalonnage est limitée aux faibles concentrations ; au-delà d'un certain point ($A_{\lambda_{max}}$; C_{max}), il est nécessaire de procéder à une dilution.

Si on note :

- v_1 : le volume initial de la solution avant dilution
- v_2 : le volume final de la solution après dilution

La concentration sera donc calculée :

$$C_0 = (\text{abs}/k) \cdot (v_2/v_1) \quad (6)$$

La concentration initiale étant déterminée, la quantité de masse de la bentonite à ajouter sera calculée par l'équation 1.2.

Les trois sous-programmes calculant les masse de bentonite pour les trois colorants JB, RB, BB sont respectivement : Masse_JB_1, Masse_RB_1, Masse_BB_1.

Pour les besoins de l'élaboration du programme, nous donnons sous forme de tableau l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus dans un travail de projet de fin d'études en cours :

Tableau 1. Les informations utilisées dans le programme (BOUCHIHA et KOUBLADJI)

| Le type de colorant | λ_{max} La longueur d'onde(nm) | k La pente de la courbe d'étalonnage Abs = f (C) | q_{eq} La quantité adsorbée à l'équilibre (mg.g ⁻¹) | C_{eq} La concentration à l'équilibre (mg.l ⁻¹) | abs_{eq} La valeur de l'absorbance à l'équilibre | abs_{max} Limite de la courbe d'étalonnage |
|---------------------|---|--|---|---|---|---|
| JB | 440 | 35,013 | 198,2864 | 0,8568 | 0,03 | 0,69 |
| RB | 520 | 76,351 | 141,7345 | 0,7858 | 0,06 | 1,36 |
| BB | 590 | 58,939 | 124,7891 | 0,1696 | 0,01 | 1,04 |

2.3.2. Principe de fonctionnement des programmes : Masse_JB_1, Masse_RB_1, Masse_BB_1 (Organigrammes)

Les équations citées précédemment, nous ont permis d'élaborer les sous-programmes.

Les organigrammes suivants permettent de résumer les différentes étapes de déroulement de chaque sous-programme :

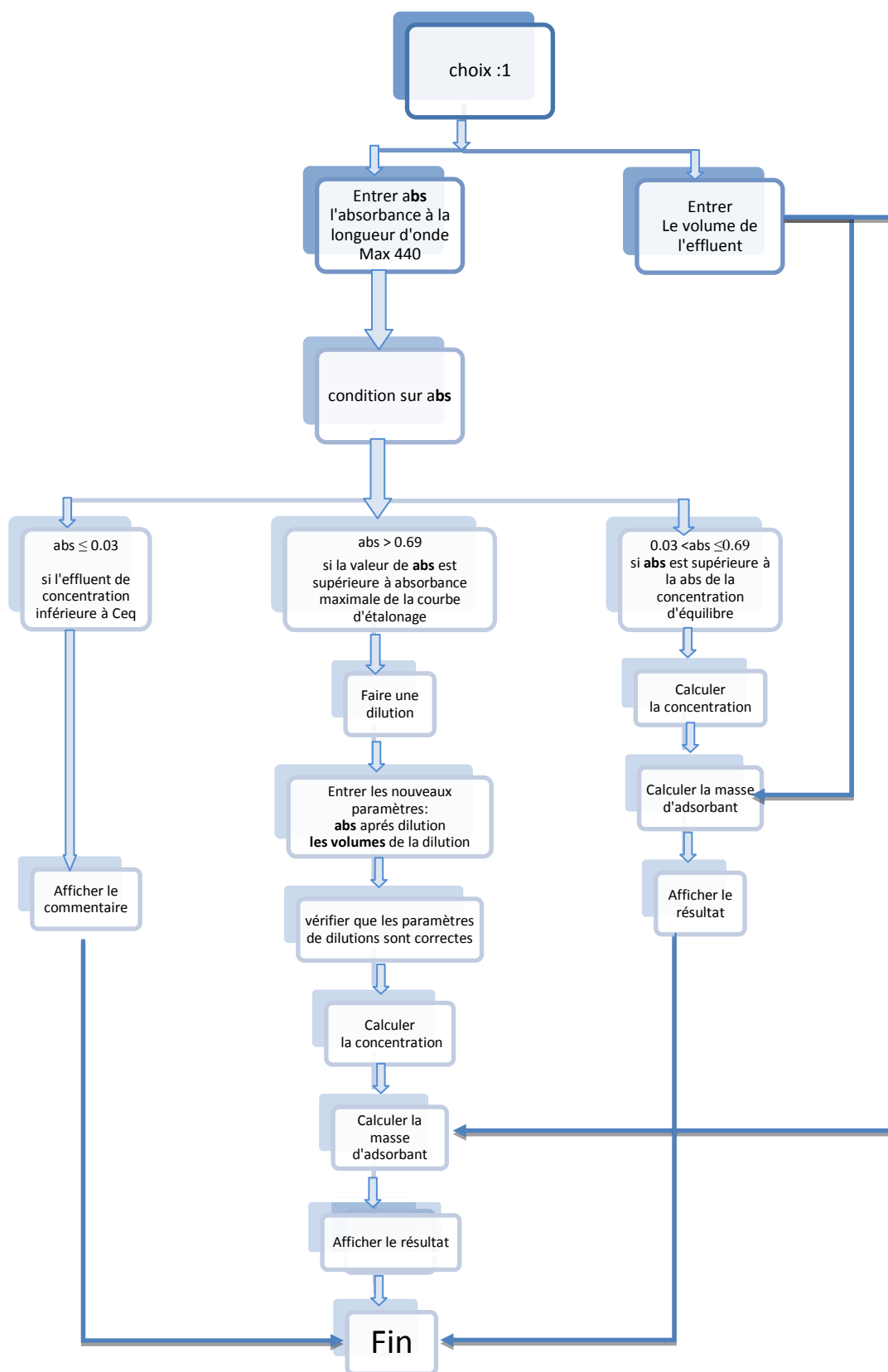


Figure 2. 2 : Organigramme de "Masse_JB_1"

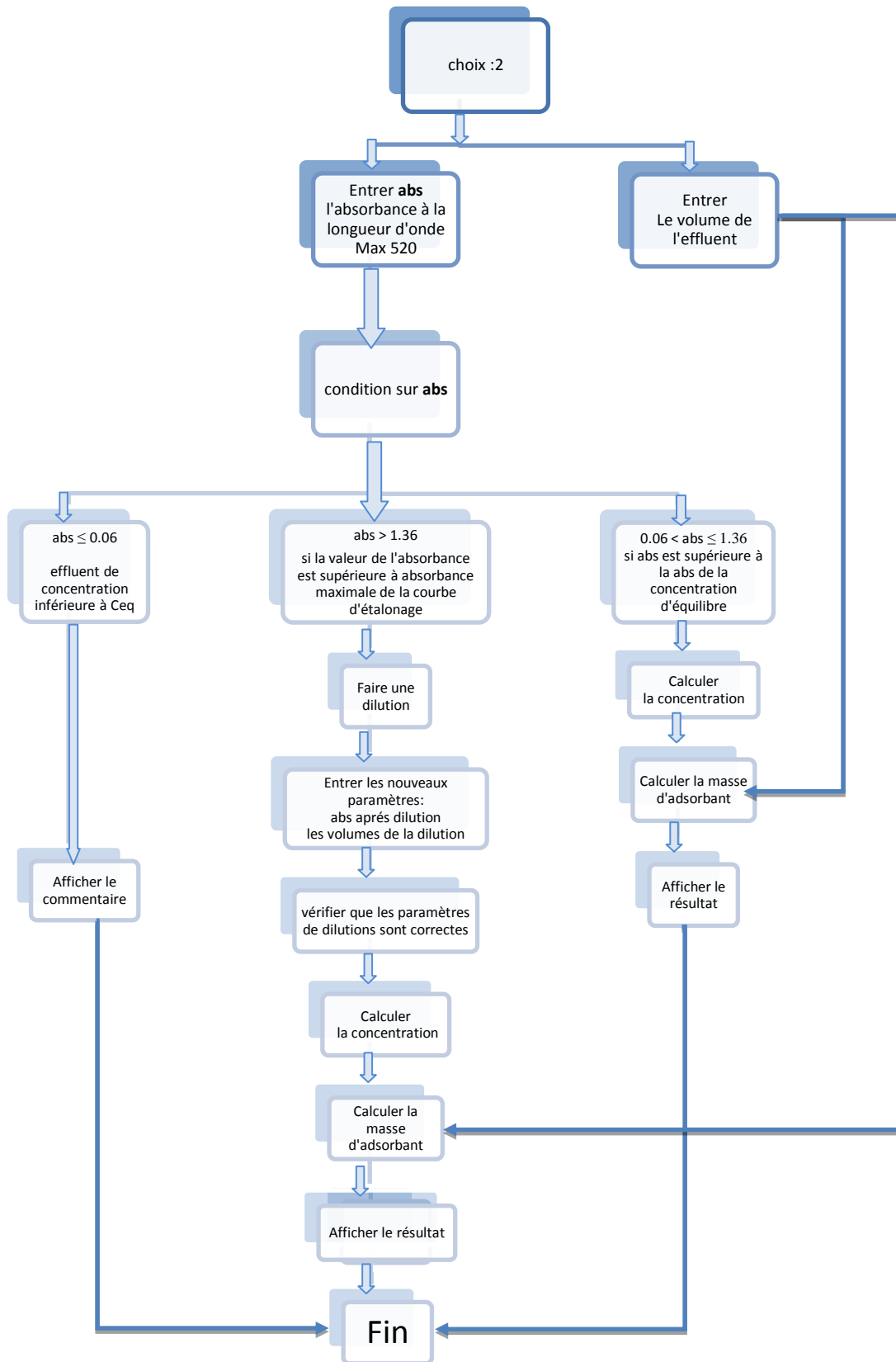


Figure 2.3 : Organigramme de "Masse_RB_1"

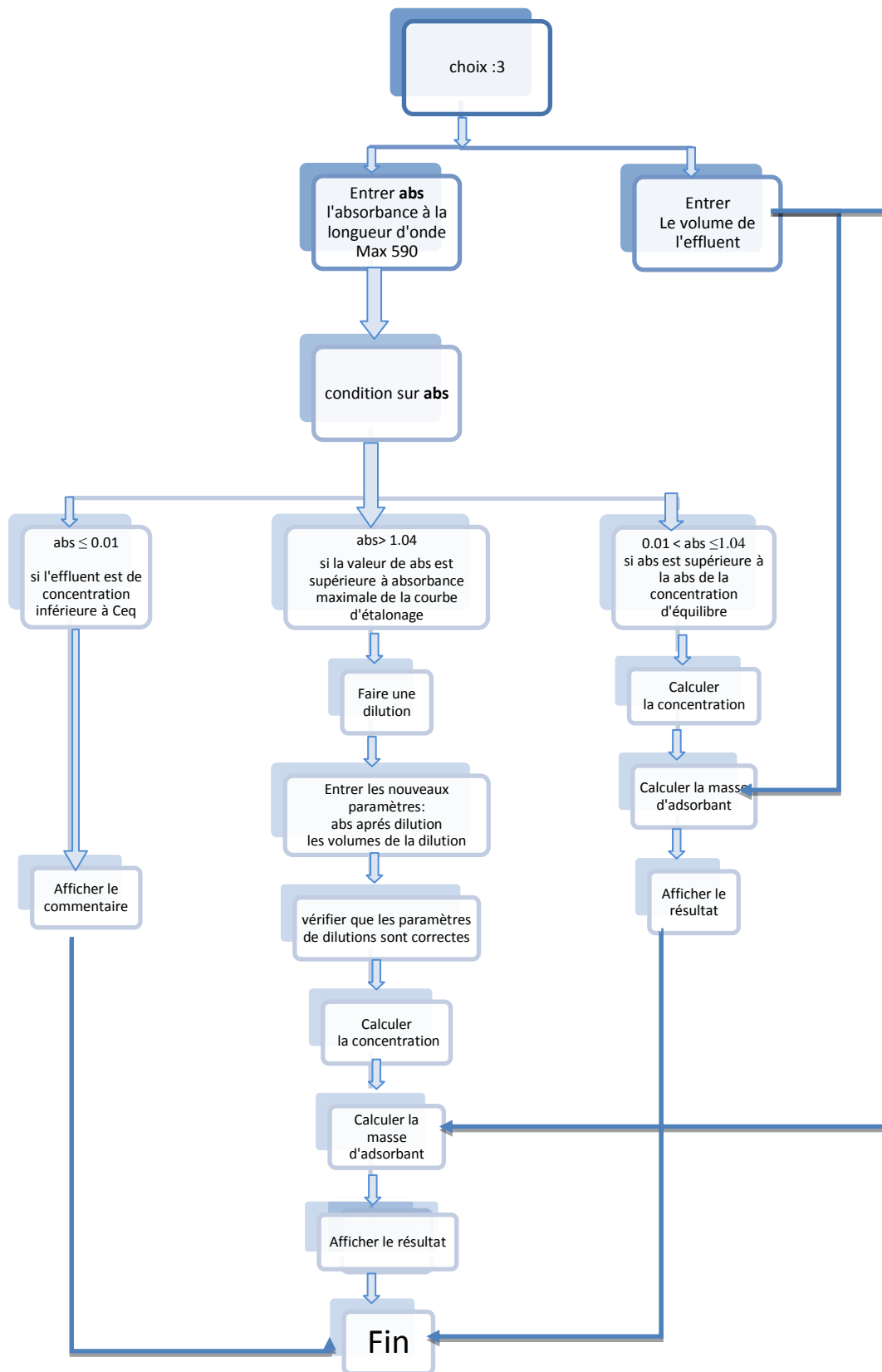


Figure 2. 4 : Organigramme de "Masse_BB_1"

2.3.3. Les scripts

a) *Masse_JB_1*

```
#include<iostream>
#include<math.h>
Using namespace std;
void Masse_JB_1(){ //calcul de masse de bentonite pour JB
float a, Q, cf, volume, abs1, abs2, vi, vf, Masse, C;
  a=35.013; //coefficient de la courbe d'étalonnage
  Q=198.2864; //capacité d'absorption
cf=0.8568; //concentration de l'effluent après traitement
cout<<"~~~~~ Masse pour décolorer (JB)
~~~~~";
cout<<"entrez le volume de l'effluent en litres\n";
cin>>volume;
cout<<"entrez la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde
Max 440 \n";
cin>>abs1;
if(abs1 > 0.69){ //limite de la courbe d'étalonnage
cout<<"faites une dilution";
cout<<"la nouvelle absorbance est = ";
cin>>abs2;
cout<<"Le volume pris initiale = ";
cin>>vi;
cout<<"est mis dans Le volume 2 (avec la même unité)= ";
cin>>vf;
  while((((abs2/a)*(vf/vi)*1000-
cf))<0||(((abs2/a)*(vf/vi)*1000-cf))==0||(vf<vi)||(vf==vi)){
//la concentration trouvée après dilution doit être supérieur
à la concentration cf
cout<<"Données erronées, vérifier les paramètre de dilution";
```

```

cout<<"la nouvelle absorbance est inférieur à"<<abs1<<"est
vaut = ";
cin>>abs2;
cout<<"Le volume pris initiale = ";
cin>>vi;
cout<<"est mis dans Le volume 2 (avec la même unité)= ";
cin>>vf;
}
Masse=((abs2/a)*(vf/vi)*1000-cf)*(volume/Q);
C=(abs2/a)*(vf/vi)*1000;
cout<<"la concentration actuelle de l'effluent est"<<C<<"mg/l
après traitement sera"<<cf<<"mg/l";
cout<<"La quantité de bentonite à ajouter en gramme est:
"<<Masse<<"\n";
}
else
    if (abs1>0.03){ //concentration supérieure à la
concentration cf
        Masse=((abs1/a)*1000-cf)*(volume/Q);
        C=(abs1/a)*1000;
cout<<"la concentration actuelle de l'effluent est"<<C<<"mg/l
après traitement sera"<<cf<<"mg/l";
cout<<"La quantité de bentonite à ajouter en gramme est
:"<<Masse<<"\n";
    }
else
cout<<"effluent de concentration minimale : inférieure ou
égale à"<<cf<<"\n";
}

```

b) Masse_RB_1

```
#include<iostream>
#include<math.h>
Using namespace std;
void Masse_RB_1(){ //calcul de masse de bentonite pour JB
float a, Q, cf, volume, abs1, abs2, vi, vf, Masse, C;
    a=76.351; //coefficient de la courbe d'étalonnage
    Q=141.73451; //capacité d'absorption
    cf=0.78584; //concentration de l'effluent après traitement
    cout<<"~~~~~ Masse pour décolorer (RB)
    ~~~~~";
    cout<<"entrez le volume de l'effluent en litres\n";
    cin>>volume;
    cout<<"entrez la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde
    Max 520 nm";
    cin>>abs1;
    if(abs1 > 1.36){ //limite de la courbe d'étalonnage
    cout<<"faites une dilution";
    cout<<"la nouvelle absorbance est = ";
    cin>>abs2;
    cout<<"Le volume pris initiale = ";
    cin>>vi;
    cout<<"est mis dans Le volume 2 (avec la même unité)= ";
    cin>>vf;
    while((((abs2/a)*(vf/vi)*1000-cf)<0||(((abs2/a)*(vf/vi)*1000-
    cf))==0||(vf<vi)||(vf==vi))){// la concentration trouvée après
    dilution doit être supérieur à la concentration cf
    cout<<"Données erronées, vérifier les paramètre de dilution";
    cout<<"la nouvelle absorbance est inférieur à"<<abs1<<"est
    vaut = ";
```

```

cin>>abs2;
cout<<"Le volume pris initiale = ";
cin>>vi;
cout<<"est mis dans Le volume 2 (avec la même unité)= ";
cin>>vf;
    }
    Masse=((abs2/a)*(vf/vi)*1000-cf)*(volume/Q);
    C=(abs2/a)*(vf/vi)*1000;
cout<<"la concentration actuelle de l'effluent est"<<C<<"mg/l
après traitement sera"<<cf<<"mg/l";
cout<<"La quantité de bentonite à ajouter en gramme est:
"<<Masse<<"\n";
    }
else
if(abs1>0.06){ //concentration supérieure à la concentration
cf
    Masse=((abs1/a)*1000-cf)*(volume/Q);
    C=(abs1/a)*1000;
cout<<"la concentration actuelle de l'effluent est"<<C<<"mg/l
après traitement sera"<<cf<<"mg/l";
cout<<"La quantité de bentonite à ajouter en gramme est
:"<<Masse<<"\n";
    }
else
cout<<"effluent de concentration minimale : inférieure ou
égale à"<<cf<<"\n";
}

```

c) Masse_BB_1

```
#include<iostream>
#include<math.h>
Using namespace std;
void Masse_BB_1(){ //calcul de masse de bentonite pour BB
float a, Q, cf, volume, abs1, abs2, vi, vf, Masse, C;
a=58.939; //coefficient de la courbe d'étalonnage
Q=124.78916; //capacité d'absorption
cf=0.16967; //concentration de l'effluent après traitement
cout<<"~~~~~ Masse pour décolorer (RB)
~~~~~";
cout<<"entrez le volume de l'effluent en litres\n";
cin>>volume;
cout<<"entrez la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde
Max 590 nm";
cin>>abs1;
if(abs1 > 1.04){ //limite de la courbe d'étalonnage
cout<<"faites une dilution";
cout<<"la nouvelle absorbance est = ";
cin>>abs2;
cout<<"Le volume pris initiale = ";
cin>>vi;
cout<<"est mis dans Le volume 2 (avec la même unité)= ";
cin>>vf;
while((((abs2/a)*(vf/vi)*1000-cf))<0||(((abs2/a)*(vf/vi)*1000-
cf))==0||(vf<vi)||(vf==vi)){// la concentration trouvée après
dilution doit être supérieur à la concentration cf
cout<<"Données erronées, vérifier les paramètre de dilution";
cout<<"la nouvelle absorbance est inférieur à"<<abs1<<"est
vaut = ";
```

```

cin>>abs2;
cout<<"Le volume pris initiale = ";
cin>>vi;
cout<<"est mis dans Le volume 2 (avec la même unité)= ";
cin>>vf;
}
Masse=((abs2/a)*(vf/vi)*1000-cf)*(volume/Q);
C=(abs2/a)*(vf/vi)*1000;
cout<<"la concentration actuelle de l'effluent est"<<C<<"mg/l
après traitement sera"<<cf<<"mg/l";
cout<<"La quantité de bentonite à ajouter en gramme est:
"<<Masse<<"\n";
}
else
if(abs1>0.01){ //concentration supérieure à la concentration
cf
Masse=((abs1/a)*1000-cf)*(volume/Q);
C=(abs1/a)*1000;
cout<<"la concentration actuelle de l'effluent est"<<C<<"mg/l
après traitement sera"<<cf<<"mg/l";
cout<<"La quantité de bentonite à ajouter en gramme est
:"<<Masse<<"\n";
}
else
cout<<"effluent de concentration minimale : inférieure ou
égale à"<<cf<<"\n";
}

```


2.4. Programmes calculant la masse de bentonite pour un effluent contenant deux ou trois colorants

2.4.1. Méthode de calcul de la masse d'adsorbant

Lorsque l'effluent est chargé de plusieurs colorants, la détermination de la concentration initiale par la loi de Beer-Lambert devient plus compliquée.

Dans le cas où plusieurs espèces absorbent à la même longueur d'onde et s'il n'y a pas d'interactions entre les espèces, l'absorbance mesurée va être égale à la somme des absorbances de chacune des espèces :

$$A_{t\lambda} = \varepsilon_{1\lambda}lC_1 + \varepsilon_{2\lambda}lC_2 + \varepsilon_{3\lambda}lC_3 + \dots \quad (7)$$

Avec :

- $A_{t\lambda}$: absorbance totale
- $\varepsilon_{1\lambda}, \varepsilon_{2\lambda}, \varepsilon_{3\lambda}$: coefficients spécifiques d'absorbance à la longueur d'onde λ des constituants 1, 2, 3... aux concentration C_1, C_2, C_3 ... placés dans une cellule de mesure de trajet optique l .

A partir de cela, nous pouvons conclure que la détermination de la concentration de chaque espèce présente dans un mélange, consiste à résoudre un ensemble de n équations à n inconnus, nous prenons le cas de trois concentrations à déterminer, telles que :

$$\begin{aligned} A_{\lambda_1} &= \varepsilon_{1\lambda_1}lC_1 + \varepsilon_{2\lambda_1}lC_2 + \varepsilon_{3\lambda_1}lC_3 \\ A_{\lambda_2} &= \varepsilon_{1\lambda_2}lC_1 + \varepsilon_{2\lambda_2}lC_2 + \varepsilon_{3\lambda_2}lC_3 \\ A_{\lambda_3} &= \varepsilon_{1\lambda_3}lC_1 + \varepsilon_{2\lambda_3}lC_2 + \varepsilon_{3\lambda_3}lC_3 \end{aligned} \quad (8)$$

Les coefficients $(\varepsilon_{i\lambda_j} \cdot l)$ ($1 \leq i \leq 3; 1 \leq j \leq 3$) peuvent être calculés à partir de solutions contenant 1, 2, 3 espèces de concentrations C_1, C_2, C_3 connues.

Après la détermination de ces coefficients notés $k_{i\lambda_j}$ ($1 \leq i \leq 3; 1 \leq j \leq 3$), on peut déterminer les concentrations initiales présentes dans le mélange par la méthode de résolution dite **ILS** (Inverse Least Square) (DI BENEDETTO & BREUL, 2007) :

La loi de Beer-Lambert peut être écrite d'une manière matricielle :

$$A = K C \quad (9)$$

Où :

$$A = \begin{pmatrix} A_{\lambda_1} \\ A_{\lambda_2} \\ A_{\lambda_3} \end{pmatrix}; K = \begin{pmatrix} k_{1\lambda_1} & k_{2\lambda_1} & k_{3\lambda_1} \\ k_{1\lambda_2} & k_{2\lambda_2} & k_{3\lambda_2} \\ k_{1\lambda_3} & k_{2\lambda_3} & k_{3\lambda_3} \end{pmatrix}; C = \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{pmatrix}$$

K : est la matrice des coefficients de Beer-Lambert

A : est le vecteur qui regroupe les valeurs d'absorbances à différentes longueurs d'ondes

C : le vecteur des concentrations à déterminer.

La solution par la méthode **ILS**(Inverse Least Square)est la suivante :

$$C = [K^T K]^{-1} K^T A \quad (10)$$

Les valeurs de chaque coefficient $k_{i\lambda_j}$ sont données par le tableau 2.2 suivant :

Tableau 2. Les valeurs des coefficients $k_{i\lambda_j}$

| $\lambda_j \setminus i$ (espèce) | 1 : BB | 2 : RB | 3 : JB |
|----------------------------------|--------|--------|--------|
| $\lambda_1=440$ | 40/9 | 23 | 35,013 |
| $\lambda_2=520$ | 20 | 76,351 | 3,5 |
| $\lambda_3=590$ | 58,938 | 1,5 | 0,5 |

Afin de simplifier la construction du programme nous avons défini quatre fonctions qui permettent de calculer la concentration initiale à partir des valeurs de l'absorbance aux longueurs d'ondes 440, 520 et 590 nm.

Les fonctions ci-dessous permettent de calculer les concentrations de chaque espèce dans l'effluent en précisant les types de colorants présents :

1. conc_JB_RB : pour un effluent contenant les deux colorants JB & RB
2. conc_JB_BB : pour un effluent contenant les deux colorants JB & BB
3. conc_RB_BB : pour un effluent contenant les deux colorants RB & BB
4. conc_JB_RB_BB : pour un effluent contenant les trois colorants JB & RB & BB.

Le corps de ces fonctions est affiché dans le paragraphe qui suit.

La concentration initiale étant déterminée, la quantité de masse de bentonite à ajouter pour décolorer l'effluent peut être approximée comme étant la somme des masses nécessaires à la décoloration de chaque colorant à part ; cette masse sera donc calculée par l'équation :

$$m_T = m_{JB} + m_{RB} + m_{BB} \quad (11)$$

$$m_T = \left[\left(\frac{C_0 - C_{eq}}{q_{eq}} \right)_{JB} + \left(\frac{C_0 - C_{eq}}{q_{eq}} \right)_{RB} + \left(\frac{C_0 - C_{eq}}{q_{eq}} \right)_{BB} \right] \times V_L \quad (12)$$

Avec :

m_{JB} , m_{RB} et m_{BB} sont les masses de bentonite nécessaires à la décoloration des effluents contenant un seul colorant JB, RB ou BB.

2.4.2. Les fonctions : conc_JB_RB, conc_JB_BB, conc_RB_BB, conc_JB_RB_BB

a) « conc_JB_RB »

```
void conc_JB_RB(int aj,int ar){
float A[2][2]={{35.013,23},{3.5,76.351}};//matrice des coefficients
float mat[2][2]={{0.0006,-0.0005},{0.0037,0.0131}};
//inv(A*trans(A))*trans(A)
float B[2][1]={aj,ar}; // aj absorbance à 440 ar absorbance à 520 nm
float C[2][1];
int i, j, k;
for(i=0; i<2; i++){
float s = 0;
for(k=0; k<2;k++)
s = s + mat[i][k]*B[k][0];
C[i][0] = s;
}
cout<<"JB_RB"<<"\n";
for(i=0; i<2; i++)
for(j=0; j<1; j++)
cout<<C[i][j]<<"\n";
}
```

b) « conc_JB_BB »

```
void conc_JB_BB(int aj,int ab){
float A[2][2]={{35.013,4.444},{0.5,58.938}};//matrice des coefficients
float mat[2][2]={{0.028,-0.003},{-0.001,0.017}}; //inv(A*trans(A))*trans(A)
float B[2][1]={aj,ab}; // aj absorbance à 440 ab absorbance à 590 nm
float C[2][1];
int i, j, k;
for(i=0; i<2; i++){
float s = 0;
for(k=0; k<2;k++)
s = s + mat[i][k]*B[k][0];
C[i][0] = s;
}
cout<<"JB_BB"<<"\n";
for(i=0; i<2; i++)
for(j=0; j<1; j++)
cout<<C[i][j]<<"\n";
}
```

« conc_RB_BB »

```
void conc_RB_BB(int ar,int ab){
float A[2][2]={{76.31,20},{1.5,58.938}}; //matrice des coefficients
float mat[2][2]={{0.012,-0.003},{0.001,0.018}}; //inv(A*trans(A))*trans(A)
float B[2][1]={ar,ab}; // ar absorbance à 520, ab absorbance à 590 nm
float C[2][1];
int i, j, k;
for(i=0; i<2; i++){
float s = 0;
for(k=0; k<2;k++){
s = s + mat[i][k]*B[k][0];
C[i][0] = s;
}
cout<<"RB_BB"<<"\n";
for(i=0; i<2; i++)
for(j=0; j<1; j++)
cout<<C[i][j]<<"\n";
}
```

c) « conc_JB_RB_BB »

```
void conc_JB_RB_BB(int aj,int ar,int ab){
float A[3][3]={{35.013,23,4.444},{3.5,76.351,20},{0.5,1.5,58.938}};
//matrice des coefficients
float
mat[3][3]={{0.013,0.044,0.012},{0.017,0.002,0.002},{0.003,0.009,0.017}}; //
inv(A*trans(A))*trans(A)
float B[3][1]={aj,ar,ab}; // aj absorbance à 440, ar absorbance à 520, ab
absorbance à 590 nm
float C[3][1];
int i, j, k;
for(i=0; i<3; i++){
float s = 0;
for(k=0; k<3;k++){
s = s + mat[i][k]*B[k][0];
C[i][0] = s;
}
cout<<"JB_RB_BB"<<"\n";
for(i=0; i<3; i++)
for(j=0; j<1; j++)
cout<<C[i][j]<<"\n";
}
```

d) Appels des fonctions

```
int main(){
conc_JB_RB(440, 520);
conc_JB_BB(440, 590);
conc_RB_BB(520, 590);
conc_JB_RB_BB(440, 520, 590);
system("pause");
return 0;
}
```

2.4.3. Principe de fonctionnement des programmes : Masse_melange_JB_RB, Masse_melange_JB_BB, Masse_melange_RB_BB, Masse_melange_JB_RB_BB (Organigrammes)

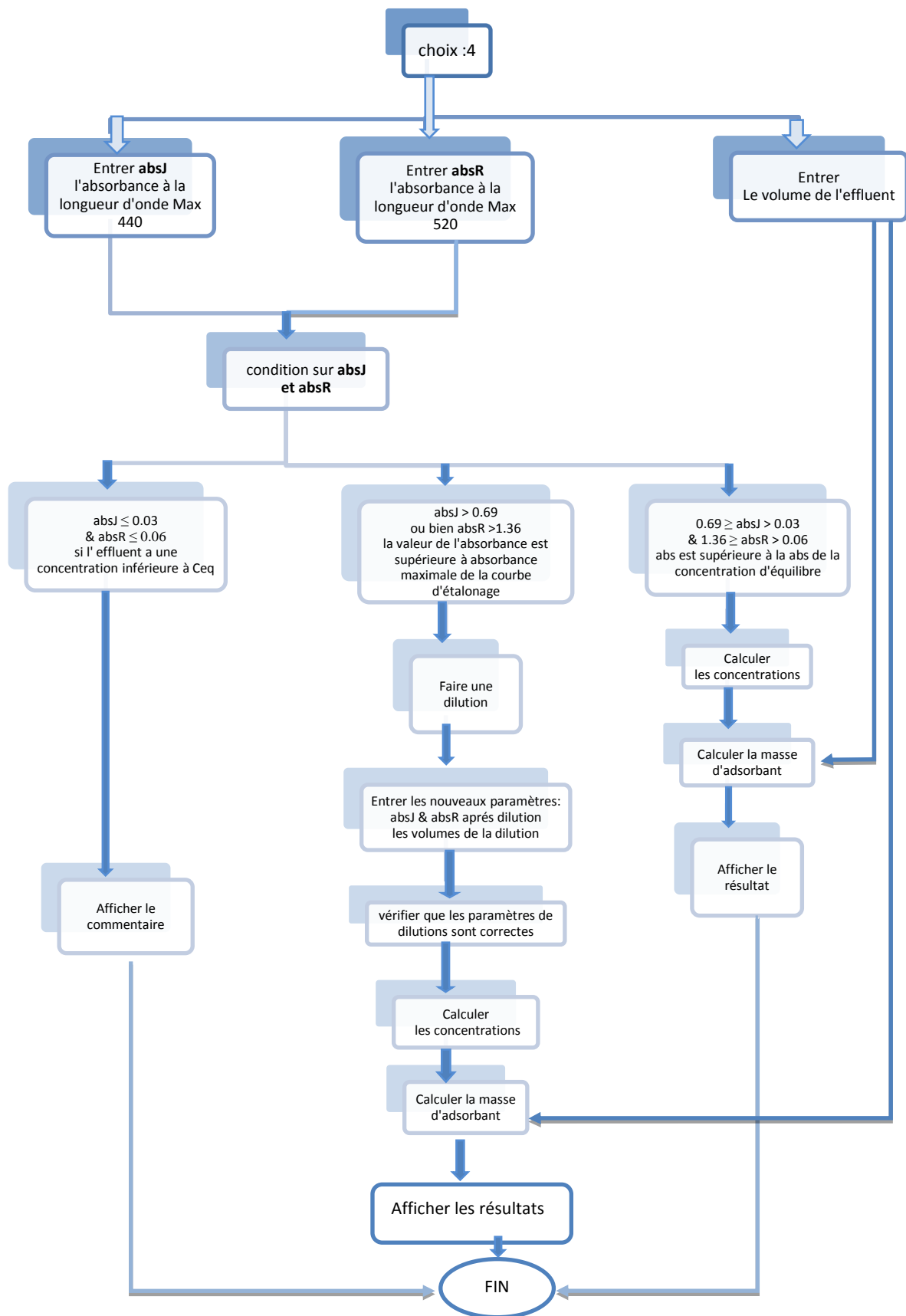


Figure 2. 5. Organigramme de fonctionnement de Masse_melange_JB_RB

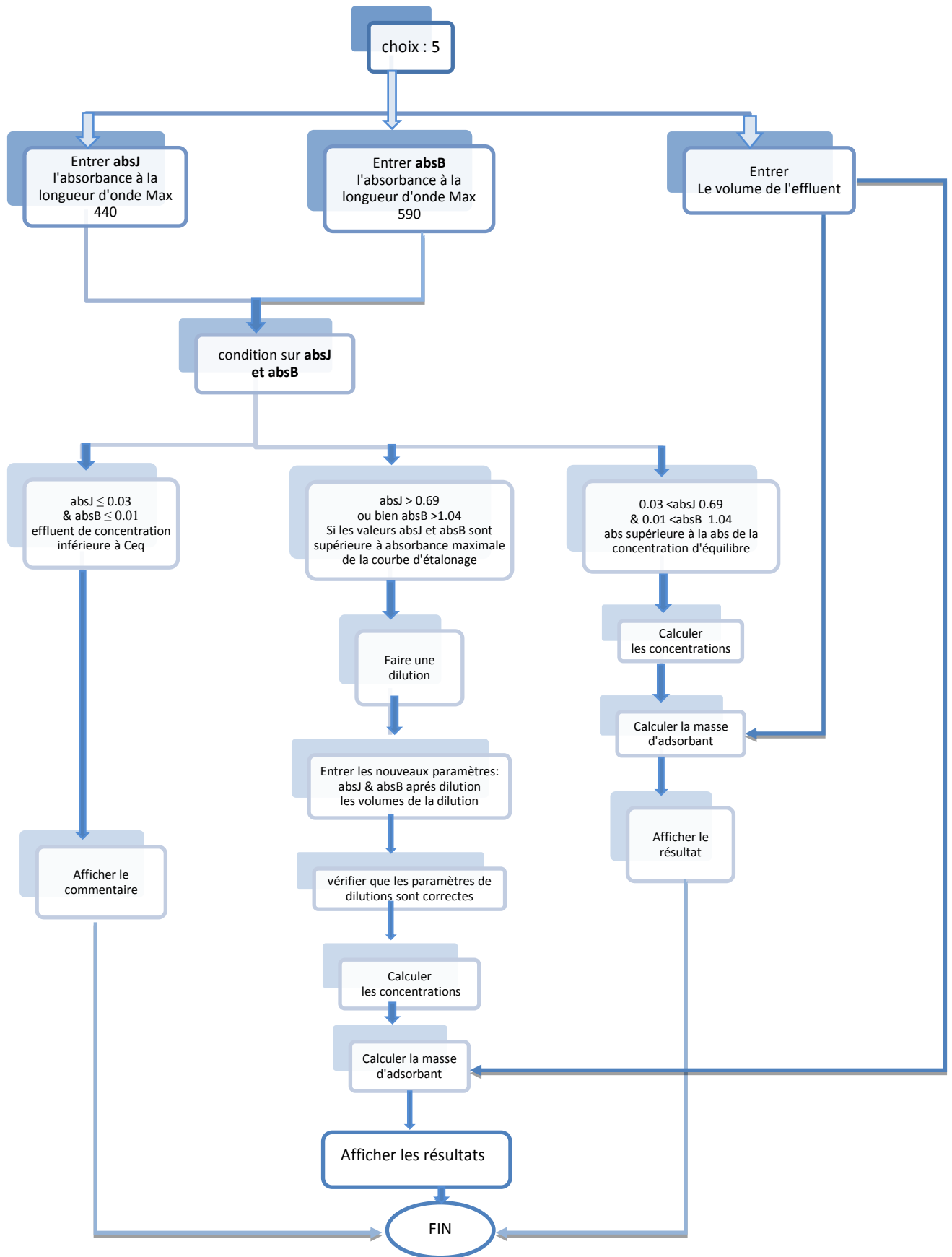


Figure 2. 6. Organigramme de fonctionnement de Masse_melange_JB_BB

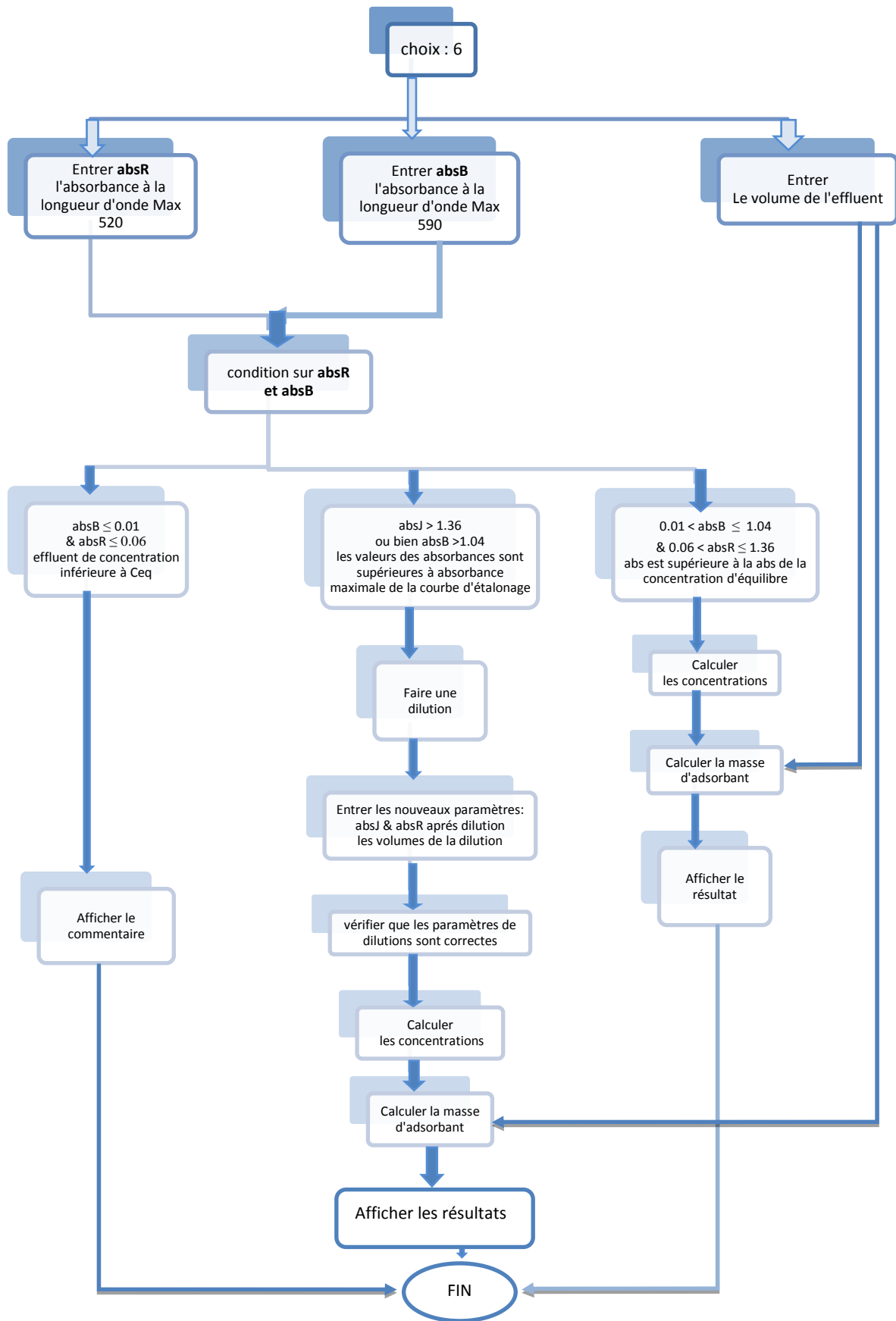


Figure 2. 7. Organigramme de fonctionnement de Masse_melange_RB_BB

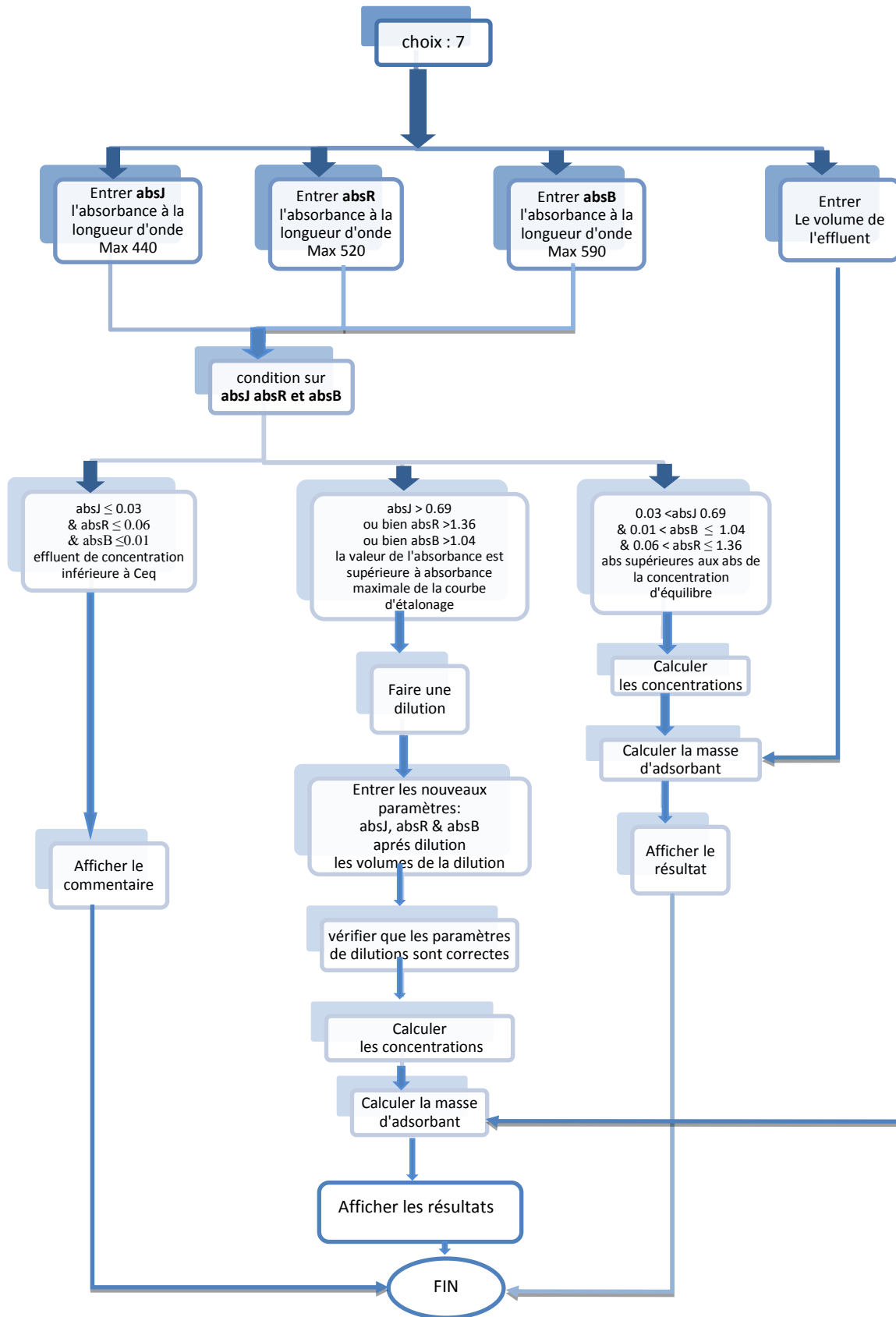


Figure 2. 8. Organigramme de fonctionnement de Masse_melange_JB_RB_BB

2.4.4. Les scripts

a) « *Masse_melange_JB_RB* »

```
#include<iostream>

Using namespace std;

#include<math.h>

voidMelange_JB_RB(){ //calcul de masse de bentonite pour le
mélange JB + RB

float ce, cje, cre, qje, qre, volume, absR, absJ, vi, vf, Cj,
Cr;

ce=1.64264;

cje=0.8568; //concentration du JB à l'équilibre
cre=0.78584; //concentration du RB à l'équilibre
qje=198.2864; //quantité adsorbé pour le JB à l'équilibre
qre=141.7345; //quantité adsorbé pour le RB à l'équilibre

cout<<"~~~~~ Masse pour décolorer le
mélange (JB + RB) ~~~~~";

cout<<"entrez le volume de l'effluent en litres\n";

cin>>volume;

cout<<"entrez la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde
Max 520 nm";

cin>>absR;

cout<<"entrez la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde
Max 440 nm";

cin>>absJ;

if (absJ> 0.69 || absR>1.36){ //limite de la courbe
d'étalonnage

cout<<"faites une dilution";

cout<<"Après avoir fait la dilution";

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max
520 est :";
```

```

cin>>absR;

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max
440 est :";

cin>>absJ;

cout<<"Le volume pris initiale = ";

cin>>vi;

cout<<"est mis dans Le volume 2 (avec la même unité)=";

cin>>vf;

while (absJ> 0.69||absR> 1.36){

cout<<"faites une autre dilution avec un coefficient de
dilution (vf/vi) plus grand";

cout<<"Après avoir fait la dilution";

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max 520
est :";

cin>>absR;

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max 440
est :";

cin>>absJ;

cout<<"Le volume vi = ";

cin>>vi;

cout<<"est mis dans Le volume vf (avec la même unité)= ";

cin>>vf;

    }

while((((absJ/35.013)*(vf/vi)*1000-0.8568)<0 ||
((absJ/35.013)*(vf/vi)*1000-0.8568))==0 ||
((absR/76.351)*(vf/vi)*1000-0.78584)<0 ||
((absR/76.351)*(vf/vi)*1000-0.78584))==0 || (vf<vi) ||
(vf==vi)){ //la concentration trouvée après dilution doit être
supérieur à la concentration cf

cout<<"Données erronées, vérifier les paramètre de dilution";

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max
520 \n";

```

```

cin>>absR;

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max
440 \n";

cin>>absJ;

cout<<"Le volume vi = ";

cin>>vi;

cout<<"est mis dans Le volume vf (avec la même unité)= ";

cin>>vf;

}

conc_JB_RB(absJ,absR);

Cj=C[0][0] ;

Cr=C[1][0] ;

Masse=volume*((Cj*(vf/vi)-cje)/qje+(Cr*(vf/vi)-cre)/qre);

cout<<"la concentration actuelle de l'effluent
est"<<((Cj+Cr)*(vf/vi))<<"mg/l après traitement
sera"<<ce<<"mg/l \n";

cout<<"\n La quantité de bentonite à ajouter en gramme est
:"<<Masse<<"\n";

}

else

if(absJ>0.03 &&absR>0.06){ //concentration supérieure à la
concentration cf

conc_JB_RB(absJ,absR);

Cj=C[0][0] ;

Cr=C[1][0] ;

Masse=volume*((Cj-cje)/qje+(Cr-cre)/qre);

cout<<"la concentration actuelle de l'effluent
est"<<(Cj+Cr)<<"mg/l après traitement sera"<<ce<<"mg/l";

cout<<"\n La quantité de bentonite à ajouter en gramme est
:"<<Masse<<"\n";

}

```

```

else

cout<<"effluent de concentration minimale : inférieure ou
égale à" <<ce<<"\n";

}

```

b) « Masse_melange_JB_BB »

```

voidMelange_RB_BB(){ //calcul de masse de bentonite pour le
mélange RB + BB

floatcre, cbe, gre, qbe, volume, absR, absB, vi, vf, Cr, Cb;

cje=0.8568; //concentration du BB à l'équilibre
cbe=0.1696; //concentration du RB à l'équilibre
qbe=124.78916; //quantité adsorbé pour le BB à l'équilibre
gre=198.2864; //quantité adsorbé pour le JB à l'équilibre

cout<<"~~~~~ Masse pour décolorer le
mélange (JB + BB) ~~~~~";

cout<<"entrez le volume de l'effluent en litres\n";

cin>>volume;

cout<<"entrez la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde
Max 440 nm";

cin>>absJ;

cout<<"entrez la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde
Max 590 nm";

cin>>absB;

if (absB> 1.04 || absR>1.36){ //limite de la courbe
d'étalonnage

cout<<"faites une dilution";

cout<<"Après avoir fait la dilution";

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max
440 est :";

cin>>absJ;

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max
590 est :";

```

```

cin>>absB;
cout<<"Le volume pris initiale = ";
cin>>vi;
cout<<"est mis dans Le volume 2 (avec la même unité)=";
cin>>vf;
while (absB> 1.04||absR> 1.36){
cout<<"faites une autre dilution avec un coefficient de
dilution (vf/vi) plus grand";
cout<<"Après avoir fait la dilution";
cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max 440
est :";
cin>>absJ;
cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max 590
est :";
cin>>absB;
cout<<"Le volume vi = ";
cin>>vi;
cout<<"est mis dans Le volume vf (avec la même unité)= ";
cin>>vf;
}
while((((absB/58.939)*(vf/vi)*1000-0.16967))<0 ||
(((absB/58.939)*(vf/vi)*1000-0.16967))==0 ||
(((absJ/35.013)*(vf/vi)*1000-0.8568))<0
||(((absJ/35.013)*(vf/vi)*1000-0.8568))==0 || (vf<vi) ||
(vf==vi)){ //la concentration trouvée après dilution doit être
supérieur à la concentration cf
cout<<"Données erronées, vérifier les paramètre de dilution";
cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max
440 \n";
cin>>absJ;
cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max
590 \n";

```

```

cin>>absB;

cout<<"Le volume vi  = ";

cin>>vi;

cout<<"est mis dans Le volume vf (avec la même unité)= ";

cin>>vf;

    }

conc_JB_BB(absJ,absB);
Cj=C[0][0] ;
Cb=C[1][0] ;

Masse=volume*((Cj*(vf/vi)-cje)/qje+(Cb*(vf/vi)-cbe)/qbe);

    cout<<"la concentration actuelle de l'effluent
est"<<((Cj+Cb)*(vf/vi))<<"mg/l après traitement
sera"<<cje+cbe<<"mg/l \n";

cout<<"\n La quantité de bentonite à ajouter en gramme est
:"<<Masse<<"\n";

    }

else

if(absR>0.06 &&absB>0.01){ //concentration supérieure à la
concentration cf

conc_JB_BB(absJ,absB);
Cj=C[0][0] ;
Cb=C[1][0] ;
Masse=volume*((Cb-cbe)/qbe+(Cr-cre)/qre);

cout<<"la concentration actuelle de l'effluent
est"<<Cj+Cb<<"mg/l après traitement sera"<<cje+cbe<<"mg/l";

cout<<"\n La quantité de bentonite à ajouter en gramme est
:"<<Masse<<"\n";

    }

else

cout<<"effluent de concentration minimale : inférieure ou
égale à"<<cre+cbe<<"\n";

}

```

c) « Masse_melange_RB_BB »

```
voidMelange_RB_BB(){ //calcul de masse de bentonite pour le
mélange RB + BB

floatcre, cbe, gre, qbe, volume, absR, absB, vi, vf, Cr, Cb;

cbe=0.16967; //concentration du BB à l'équilibre
cre=0.78584; //concentration du RB à l'équilibre
qbe=124.78916; //quantité adsorbé pour le BB à l'équilibre
gre=141.7345; //quantité adsorbé pour le RB à l'équilibre

cout<<"~~~~~ Masse pour décolorer le
mélange (RB + BB) ~~~~~";

cout<<"entrez le volume de l''effluent en litres\n";

cin>>volume;

cout<<"entrez la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde
Max 520 nm";

cin>>absR;

cout<<"entrez la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde
Max 590 nm";

cin>>absB;

if (absB> 1.04 || absR>1.36){ //limite de la courbe
d'étalonnage

cout<<"faites une dilution";

cout<<"Après avoir fait la dilution";

cout<<"la valeur de l''absorbance à la longueur d''onde Max
520 est :";

cin>>absR;

cout<<"la valeur de l''absorbance à la longueur d''onde Max
590 est :";

cin>>absB;

cout<<"Le volume pris initiale = ";

cin>>vi;

cout<<"est mis dans Le volume 2 (avec la même unité)=";
```

```

cin>>vf;

while (absB> 1.04||absR> 1.36){

cout<<"faites une autre dilution avec un coefficient de
dilution (vf/vi) plus grand";

cout<<"Après avoir fait la dilution";

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max 520
est :";

cin>>absR;

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max 590
est :";

cin>>absB;

cout<<"Le volume vi  = ";

cin>>vi;

cout<<"est mis dans Le volume vf (avec la même unité)= ";

cin>>vf;

    }

while((((absB/58.939)*(vf/vi)*1000-0.16967))<0 ||
(((absB/58.939)*(vf/vi)*1000-0.16967))==0 ||
(((absR/76.351)*(vf/vi)*1000-0.78584))<0 ||
(((absR/76.351)*(vf/vi)*1000-0.78584))==0 || (vf<vi) ||
(vf==vi)){ //la concentration trouvée après dilution doit être
supérieur à la concentration cf

cout<<"Données erronées, vérifier les paramètre de dilution";

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max
520 \n";

cin>>absR;

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max
590 \n";

cin>>absB;

cout<<"Le volume vi  = ";

cin>>vi;

cout<<"est mis dans Le volume vf (avec la même unité)= ";

```



```

cin>>vf;

}

conc_RB_BB(absR,absB);
Cr=C[0][0] ;
Cb=C[1][0] ;

Masse=volume*((Cr*(vf/vi)-cre)/qre+(Cb*(vf/vi)-cbe)/qbe);

cout<<"la concentration actuelle de l'effluent
est"<<((Cr+Cb)*(vf/vi))<<"mg/l après traitement
sera"<<cre+cbe<<"mg/l \n";

cout<<"\n La quantité de bentonite à ajouter en gramme est
:"<<Masse<<"\n";

}

else

if(absR>0.06 &&absB>0.01){ //concentration supérieure à la
concentration cf

conc_RB_BB(absR,absB);

Cr=C[0][0] ;

Cb=C[1][0] ;
Masse=volume*((Cb-cbe)/qbe+(Cr-cre)/qre);

cout<<"la concentration actuelle de l'effluent
est"<<(Cr+Cb)<<"mg/l après traitement sera"<<cre+cbe<<"mg/l";

cout<<"\n La quantité de bentonite à ajouter en gramme est
:"<<Masse<<"\n";

}

else

cout<<"effluent de concentration minimale : inférieure ou
égale à"<<cre+cbe<<"\n";

}

```

d) « Masse_melange_JB_RB_BB »

```

voidMelange_JB_RB_BB(){ //calcul de masse de bentonite pour le
mélange RB + BB

floatcre, cbe, cje, qje, qre, qbe, volume, absR, absJ, absB,
vi, vf,Cj, Cr, Cb;

```

```

cje=0.8568; //concentration du JB à l'équilibre
cre=0.78584; //concentration du RB à l'équilibre
cbe=0.16967; //concentration du BB à l'équilibre
qje=198.2864; //quantité adsorbé pour le JB à l'équilibre
qre=141.7345; //quantité adsorbé pour le RB à l'équilibre
qbe=124.78916; //quantité adsorbé pour le BB à l'équilibre

cout<<"~~~~~ Masse pour décolorer le
mélange (JB + RB+BB) ~~~~~";

cout<<"entrez le volume de l''effluent en litres\n";

cin>>volume;

cout<<"entrez la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde
Max 440 nm";

cin>>absJ;

cout<<"entrez la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde
Max 520 nm";

cin>>absR;

cout<<"entrez la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde
Max 590 nm";

cin>>absB;

if (absJ> 0.69 || absR>1.36 || absB> 1.04){ //limite de la
courbe d'étalonnage

cout<<"faites une dilution";

cout<<"Après avoir fait la dilution";

cout<<"la valeur de l''absorbance à la longueur d''onde Max
440 est :";

cin>>absJ;

cout<<"la valeur de l''absorbance à la longueur d''onde Max
520 est :";

cin>>absR;

cout<<"la valeur de l''absorbance à la longueur d''onde Max
590 est :";

```

```

cin>>absB;
cout<<"Le volume pris initiale = ";
cin>>vi;
cout<<"est mis dans Le volume 2 (avec la même unité)=";
cin>>vf;
while (absJ> 0.69||absB> 1.04||absR> 1.36){
cout<<"faites une autre dilution avec un coefficient de
dilution (vf/vi) plus grand";
cout<<"Après avoir fait la dilution";
cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max 440
est :";
cin>>absJ;
cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max 520
est :";
cin>>absR;
cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max 590
est :";
cin>>absB;
cout<<"Le volume vi = ";
cin>>vi;
cout<<"est mis dans Le volume vf (avec la même unité)= ";
cin>>vf;
}
while((((absJ/35.013)*(vf/vi)*1000-0.8568)<0 ||
((absJ/35.013)*(vf/vi)*1000-0.8568))==0 ||
((absR/76.351)*(vf/vi)*1000-0.78584)<0 ||
((absR/76.351)*(vf/vi)*1000-0.78584))==0 ||
((absB/58.939)*(vf/vi)*1000-0.16967)<0 ||
((absB/58.939)*(vf/vi)*1000-0.16967))==0 || (vf<vi) ||
(vf==vi)){ //la concentration trouvée après dilution doit
etresuperieur à la concentration cf
cout<<"Données erronées, vérifier les paramètre de dilution";

```

```

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max
4400 \n";

cin>>absJ;

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max
520 \n";

cin>>absR;

cout<<"la valeur de l'absorbance à la longueur d'onde Max
590 \n";

cin>>absB;

cout<<"Le volume vi = ";

cin>>vi;

cout<<"est mis dans Le volume vf (avec la même unité)= ";

cin>>vf;

    }

conc_JB_RB_BB(absJ,absR,absB);
Cj=C[0][0];
Cr=C[1][0];
Cb=C[2][0];
Masse=volume*((Cj*(vf/vi)-cje)/qje+(Cr*(vf/vi)-
cre)/qre+(Cb*(vf/vi)-cbe)/qbe);

    cout<<"la concentration actuelle de l'effluent
est"<<((Cj+Cr+Cb)*(vf/vi))<<"mg/l après traitement
sera"<<cje+cre+cbe<<"mg/l \n";

cout<<"\n La quantité de bentonite à ajouter en gramme est
:"<<Masse<<"\n";

    }

else

if(absJ>0.03 &&absR>0.06 &&absB>0.01){ //concentration
supérieure à la concentration cf

conc_JB_RB_BB(absJ,absR,absB);
Cj=C[0][0];
Cr=C[1][0];
Cb=C[2][0];
Masse=volume*((Cj-cje)/qje+(Cr-cre)/qre+(Cb-cbe)/qbe);

```

```

    cout<<"la concentration actuelle de l'effluent
est"<<(Cj+Cr+Cb)<<"mg/l après traitement
sera"<<cje+cre+cbe<<"mg/l \n";

cout<<"\n La quantité de bentonite à ajouter en gramme est
:"<<Masse<<"\n";

}

else

cout<<"effluent de concentration minimale : inférieure ou
égale à" <<cje+cre+cbe<<"\n";

}

```

2.5. Réalisation d'une interface graphique

Dans une interface graphique, l'utilisateur sélectionne des commandes ou lance des programmes en pointant le curseur sur des icônes ou des menus.

Les icônes sont de petites images représentant un objet manipulable à l'écran, dont l'aspect correspond à sa fonction. Les menus sont des listes d'options parmi lesquelles l'utilisateur choisit celle correspondant à l'action qu'il désire effectuer. Un choix dans un menu conduit souvent à un second menu, ou à une boîte de dialogue permettant d'affiner la commande.

Pour aboutir aux résultats sur cette interface, on suit les instructions citées ci-dessous:

- L'exécution du logiciel fait apparaître la fenêtre de la figure 2.17.
- On choisit le type d'effluent selon le ou les colorants qu'il contient (figure 2.18).
- On clique sur le bouton « *ok* ».
- Les données requises pour l'exécution du calcul s'affichent (figure 2.19).
- On injecte ensuite les valeurs relatives à chaque entrée et on clique sur le bouton « *calculer* » (figure 2.20).
- Dans le cas où les valeurs d'absorbances sont supérieures aux valeurs limitant les courbes d'étalonnage, d'autres icônes requises pour la dilution s'affichent, (figure 2.21).
- On re cliquant sur le bouton « *calculer* » le résultat s'affiche (figure 2.22).

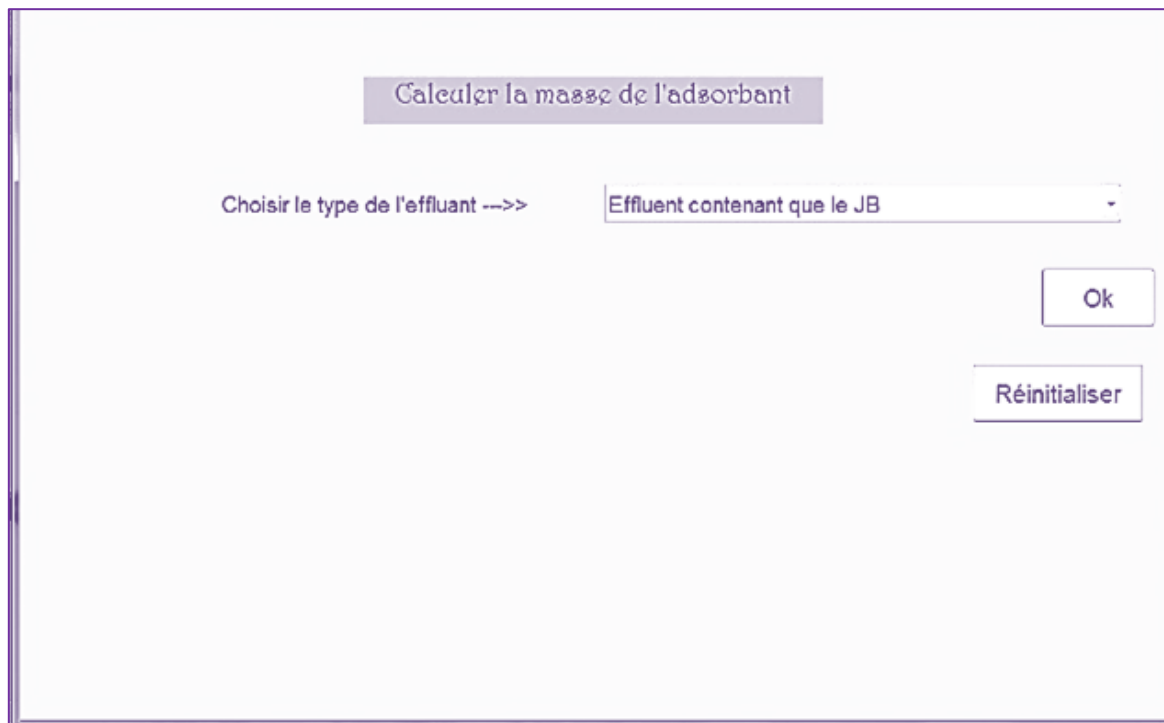


Figure 2. 9. Étape 1 d'exécution

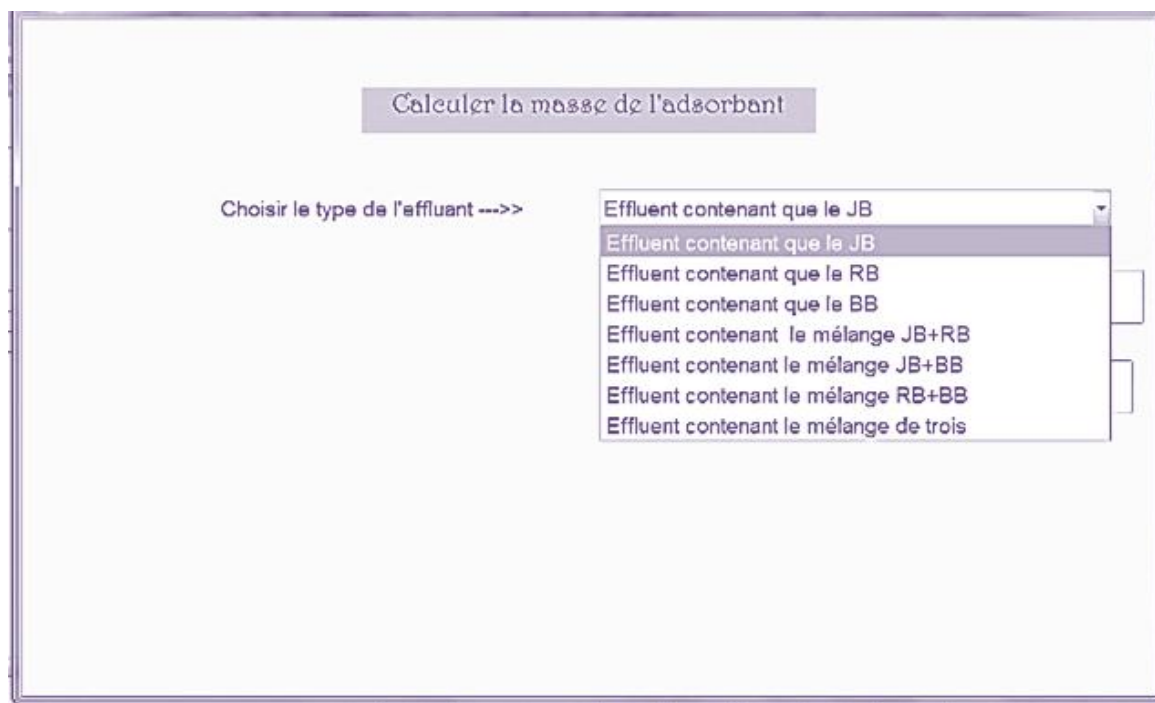


Figure 2. 10. Étape 2

Calculer la masse de l'adsorbant

Choisir le type de l'effluent ---->> Effluent contenant le mélange de trois

| | | | |
|--------------------------------------|---|---|---|
| Volume de l'effluent en litre | <input style="width: 50px;" type="text"/> | | Calculer |
| longueur d'onde | 440 | 520 | 590 |
| Absorbance | <input style="width: 40px;" type="text"/> | <input style="width: 40px;" type="text"/> | <input style="width: 40px;" type="text"/> |

Réinitialiser

Figure 2. 11. Étape 3

Calculer la masse de l'adsorbant

Choisir le type de l'effluent ---->> Effluent contenant le mélange de trois

| | | | |
|--------------------------------------|--|--|--|
| Volume de l'effluent en litre | <input style="width: 50px;" type="text" value="224"/> | | Calculer |
| longueur d'onde | 440 | 520 | 590 |
| Absorbance | <input style="width: 40px;" type="text" value="0.83"/> | <input style="width: 40px;" type="text" value="0.65"/> | <input style="width: 40px;" type="text" value="0.52"/> |

Réinitialiser

Figure 2. 12. Étape 4

Calculer la masse de l'adsorbant

Choisir le type de l'effluent --->> Effluent contenant le mélange de trois

Volume de l'effluent en litre 224 calculer

longueur d'onde 440 520 590 Réinitialiser

Absorbance 0.83 0.65 0.52

Faire une dilution

Abs après dilution

volume 1
 volume 2

Figure 2. 13. Étape 5

Calculer la masse de l'adsorbant

Choisir le type de l'effluent --->> Effluent contenant le mélange de trois

Volume de l'effluent en litre 224 calculer

longueur d'onde 440 520 590 Réinitialiser

Absorbance 0.83 0.65 0.52

Faire une dilution

Abs après dilution

0.45
0.36
0.27

volume 1 10
 volume 2 100
Masse de bentonite en gramme 218.86

Figure 2. 14. Étape 6

Conclusion

Notre travail, qui a abouti à l'élaboration d'une application touchant à des aspects industriels du génie chimique, se veut être un moyen de calcul pour la détermination de la masse d'adsorbant dans les adsorbants discontinus équipés de cuve agitée destinés aux unités de décoloration des effluents textiles.

Le programme est conçu dans le langage « C++ ».

Le programme comporte sept sous-programmes et quatre fonctions, permettant les réalisations suivantes :

- Les quatre fonctions déterminent les concentrations en colorant des effluents en fonction des valeurs d'absorbances à des longueurs d'ondes bien définies.
- Le programme général regroupe trois sous-programmes dont le but est la détermination de la masse d'adsorbant pour la décoloration d'effluent contenant qu'un seul type de colorant.
- Les quatre autres sous-programmes permettent la détermination de la masse d'adsorbant pour la décoloration d'effluents contenant deux ou trois colorants.

Ce travail n'est qu'à ses débuts, il serait intéressant de l'améliorer au niveau des données nécessaires à son exécution à l'échelle industrielle.

Références

-B-

BOUCHIHA, Souhaib et KOUBLADJI, Meriem.

Mémoire de projet de fin d'études, *Adsorption des colorants textiles sur la bentonite*. s.l. : Ecole Nationale Polytechnique, 2017.

-C-

CATALANO, Sam; LAWRENCE, Jason; SEADEEK, Chris; PALAZZOLO, Joseph; WESORICK, Steve et COTTON, Steve, Adsorbers. *Visual encyclopedia of chemical engineering*. [En ligne] [Consulté le : 29 05 2017.]

<http://encyclopedia.che.engin.umich.edu/Pages/SeparationsChemical/Adsorbers/Adsorbers.html>.

-D-

DI BENEDETTO, Dominique et BREUL, Philippe. *Spectrophotométrie d'absorption dans l'ultraviolet et le visible*. s.l. : Technique de l'ingénieur, pp 15-20, 2007.

-S-

SUN, Lian-Ming ; MEUNIER, Francis et BARON, Gino. *Adsorption - Procédés et applications*. *Environnement-Sécurité-Technologies de l'eau*. s.l. : Technique de l'ingénieur, p 15, 2005.

-W-

WORCH, Eckhard. *Adsorption technology in water treatment*. Edition Degruyter Berlin, pp 69-75, 2012.