

# Chapitre 1 Analyse multicritère

## I- Définitions

### I.1.1.1 Aide à la décision [2]

L'aide à la décision est l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponse aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part.

### I.1.1.2 L'aide multicritère à la décision [2]

L'**aide multicritère à la décision** dont il s'agit ici, est une branche des modèles de recherche opérationnelle qui s'occupe des problèmes de décision lorsqu'il y a un nombre important de critères. La pertinence de l'utilisation des méthodes multicritères d'aide à la décision vient du fait que, dans la plupart des situations, lorsque les gens prennent des décisions, ils n'ont pas un seul objectif. Au contraire, ils ont besoin de prendre en considération un certain nombre de points de vue. C'est le cas, la plupart du temps, des problèmes liés à la gestion des ressources naturelles

### I.1.1.3 Analyse multicritère [2]

L'**analyse multicritère** constitue un cadre d'analyse du contexte décisionnel, de structuration du processus de décision. Elle facilite l'intervention des acteurs participant à la légitimation de la décision finale. Ces modèles multicritères se fondent sur plusieurs hypothèses dont les suivantes :

- L'ensemble des possibles n'est pas défini de façon stable dès le départ il peut varier au cours du processus ; les préférences ne sont pas définitives mais construites au cours de la phase de conception ;

- La multiplicité des critères implique la recherche de compromis, par opposition à une solution optimale définie de façon rigide,
- Le fait que les algorithmes retenus soient suffisamment souples pour autoriser des itérations nombreuses et peu coûteuses permet également de traiter des cas où les informations ne sont pas toutes disponibles en même temps.

## **II- Exemple d'application**

L'analyse multicritère est l'une des méthodes la plus courante en cartographie. Elle permet aider à prendre une décision ou à évaluer plusieurs options dans des situations où aucune possibilité n'est parfaite. En déterminant les critères ou conditions quantifiables ou non, cette analyse est utilisée non seulement pour la cartographie décisionnelle comme le choix d'un site d'aménagement, mais également au choix difficile qui doit être pris comme le choix d'un moyen de transport, la décision d'investissement le choix de l'utilisation d'une technologie ou d'un système d'information, à la sélection de fournisseurs et bien d'autre encore.

## **III- Notion de problématique de décision**

La problématique dans le domaine de l'analyse multicritère se base sur les informations fondamentales. Une méthode d'analyse peut se conformer à une autre problématique mais applicable à un autre problème. Sur ce plan, il est important de connaître dès le début la problématique pour mieux choisir une méthode la plus appropriée.

Pour arriver à terme de la prise de décision, on peut distinguer trois problématiques de références :

- problématique de choix : sélection des meilleures actions ;
- problématique du tri : affectation des actions potentielles ;
- problématique de rangement : rangement des actions.

## **IV- Les critères**

Un **critère** est un élément de base d'une sélection, il peut être mesuré et évalué. Il constitue une référence pertinente pour atteindre un objectif. Un ensemble de critères fournit un système de référence pour évaluer l'aptitude d'un lieu à satisfaire un ou plusieurs objectifs. Un critère peut être de deux types : un facteur ou une contrainte

Les **contraintes** sont les bornes, intervalles imposés à la variable ou indicateur ; elles ont pour effets de limiter les alternatives considérées. Un exemple particulièrement clair d'une contrainte pourrait être l'exclusion des zones de réserves naturelles dans le contexte d'un aménagement.

Un **facteur** est un critère qui renforce ou réduit la pertinence d'une alternative particulière relativement à l'activité considérée. Il peut donc être exprimé sur une échelle de mesure. Par ailleurs, on peut également considérer comme indicateur une variable mesurable d'un phénomène. Le même indicateur mesuré à différents endroits révèle la variation du phénomène dans l'espace, alors que le même indicateur mesuré à différentes périodes permet de révéler l'évolution du phénomène dans le temps.

# Chapitre2 Système d'information géographique (SIG)

## I- Définitions

### I.1.1.1 Information géographique [9]

On désigne par information **géographique(IG)** toute information à laquelle on peut rattacher une localisation, qu'elle soit statique (constat) ou dynamique (évolution-échange). C'est la raison de l'appellation « information localisée ». D'une façon générale, elle est l'ensemble des descriptions des objets ou phénomènes, leur localisation et les relations entre-eux.

### I.1.1.2 Système d'information géographique [9]

Un **Système d'Information Géographique (SIG)** est défini par Thériault (1996) comme étant « un ensemble de principes, de méthodes, d'instruments et de données à référence spatiales utilisé pour saisir, conserver, transformer, analyser, modéliser, stimuler et cartographier les phénomènes et les processus distribués dans l'espace géographique ». Il s'agit donc d'un outil informatique qui stocke et gère des informations ayant une référence au territoire.

Un système d'information géographique peut être considéré comme :

- Un ensemble informatique constitué de logiciels, de matériels et de méthodes destinés à assurer la saisie, l'exploitation, l'analyse, et la représentation de données géo-référencées pour résoudre un problème de planification et de management.
- Un « ensemble de données repérées dans l'espace, structurées de façon à fournir et extraire commodément des synthèses utiles à la décision » ;
- Un « ensemble organisé globalement comprenant des éléments (données, équipements, procédures, ressources humaines) qui se coordonnent, à partir d'une référence spatiale commune, pour concourir à un résultat. »
- Un système de gestion de bases de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse, et l'affichage des données localisées.

## II- *Objectif du SIG*

Un SIG a pour but d'informer sur la géographie et la topographie d'un espace donné. Il s'appuie sur un certain nombre de bases de données géographiques, qu'il permet d'intégrer, de gérer, de traiter et de représenter sous formes de cartes. Par conséquent, en tant qu'outil d'aide aux décisions, de suivis et de contrôles, il doit donc répondre aux questions suivantes:

- **Question de localisation** : Où cet objet ou ce phénomène se trouve-t-il ? plus généralement, où se trouvent tous les objets d'un même type ? Cette interrogation permet de mettre en évidence la répartition spatiale d'un objet ;
- **Question de condition** : Que trouve-t-on à cet endroit ? Elle permet de trouver tous les objets ou phénomènes présent sur un territoire donné ;
- **Question d'évolution** : À quel moment des changements sont-ils intervenus ? Il s'agit d'une demande d'analyse temporelle ;
- **Question de relation** : Quelles relations existent ou non entre les objets et les phénomènes ? C'est une question d'analyse spatiale ;
- **Question de modélisation** : Que se passerait-il si tel scénario d'évolution se produisait ? Une problématique des impacts des objets et des phénomènes est établie.

## III- *Composants du SIG*

Le SIG est avant tout un « système d'information », c'est-à-dire un ensemble organisé de ressources permettant d'acquérir, de stocker, de structurer et de communiquer des informations. Comme tout système de ce type il s'articule autour de cinq composants majeurs :

### *a Le matériel*

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs allant des serveurs de données aux ordinateurs de bureau connectés en réseau ou utilisés de façon autonome. Les logiciels utilisables intègrent les fonctions suivantes : système de gestion de bases de données, système de traitement d'images, logiciel de traitements statistiques, logiciel de transcodage, logiciel de compression, logiciel de transmission ftp, traçage et reconnaissance automatique des caractères. La version du produit SIG s'améliore de temps en temps à savoir : ArcGis, Arc/Info, ArcView, Intergraph MGE, MapInfo, QGIS.

### *b Logiciels*

Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations.

### *c Données*

Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

### *d Utilisateurs*

Un SIG étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG.

### *e Méthodes*

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peuvent s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

## **IV- Fonctionnalité du SIG**

Le Système d'information géographique comprend 5 fonctionnalités : l'Abstraction, l'Acquisition, l'Archivage, l'Analyse et l'Affichage de l'information.

- Abstraire revient à concevoir un modèle qui organise les données par composants géométriques et par attributs descriptifs ainsi qu'à établir des relations entre les objets.
- Acquérir revient à alimenter le SIG en données. Les fonctions d'acquisition consistent à entrer d'une part la forme des objets géographiques et d'autre part leurs attributs et relations.
- Archiver c'est-à-dire stocker les données au moyen de la saisie de l'information sous forme numérique ;

- Analyser permet de répondre aux questions que l'on se pose.
- Afficher permet de produire des cartes de façon automatique, de percevoir les relations spatiales entre les objets, de visualiser les données sur les écrans des ordinateurs.

### ***V- Les données dans SIG***

**Les données de référence** : ce sont les données qui serviront de fond aux applications. Elles proviennent en général des données graphiques existantes et ont des objectifs : une fonction de fond de plan ou référence, une fonction informative propre par exemple les informations foncières pour le cadastre, les images Google, les orthophotos, les cartes des bases, ....

**Les données thématiques** : ce sont les données qui constitueront en général les couches d'informations du SIG qui viennent se superposer aux données de référence. Elles sont d'origine très diverse, certaines existent sous forme numérique mais certaines sont fréquemment sous forme graphique.

**Le référentiel géométrique commun sur la zone de travail** : la localisation des objets géographiques nécessite l'établissement de canevas de points d'appuis dont les coordonnées sont déterminées dans un système donné.

Un référentiel est un fond de carte représentant un territoire géographique. Si chacun utilisait son propre fond de carte, aucune donnée ne serait superposable. Le but en soi d'un référentiel est donc d'être une référence cartographique commune. Autrement dit, ce qui fait la notion de référentiel, c'est l'utilisation qui en est faite et son partage.

Par contre, la projection cartographique est un ensemble de techniques permettant de représenter la surface de la Terre dans son ensemble ou en partie sur la surface plane d'une carte. Donc, c'est un système de correspondance entre les points de la surface du globe et ceux de la surface plane de la carte. Les procédés de projection sont multiples et sont choisis selon la destination et la fonction de la carte.

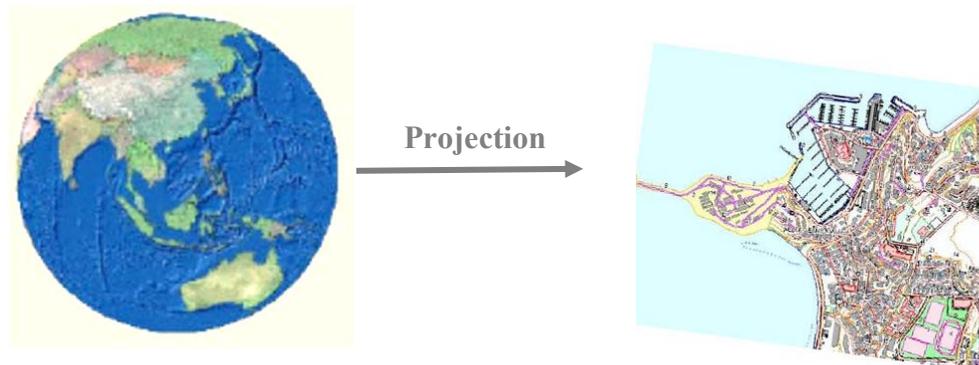


Figure 1 : Système de projection

## VI- *Capacité analytique des SIG*

Les spécialistes des SIG semblent d'accord sur le fait que la caractéristique fondamentale qui distingue les SIG des autres logiciels graphiques et notamment des logiciels de cartographie numérique (e.g. CAD, CAM), est leur capacité d'effectuer des analyses. Un nombre croissant de fonctionnalités analytiques est offert par les SIG actuels et de nombreuses classifications ont été proposées

## VII- *SIG et AMC*

### VII.1 *Les problèmes d'Aide à la Décision Spatiale*

Les problèmes d'Aide à la Décision Spatiale sont définis comme le champ d'application de l'Analyse Multicritère. Ils sont de nature multidimensionnelle, interdisciplinaires et relativement mal définis, et ils impliquent plusieurs personnes et institutions ayant généralement des préférences et des objectifs divergents, nécessitent la définition de plusieurs critères conflictuels dont l'importance n'est pas la même, et demandent une quantité considérable de données quantitatives et qualitatives.

### VII.2 *Spécificité des problèmes spatiaux*

#### VII.2.1 *Facteurs de complexité des problèmes spatiaux*

Il existe trois types de complexité qui caractérisent les problèmes de décision à référence spatiale :

- Complexité liée aux données. Les entités et phénomènes géographiques sont caractérisés par leurs positions, leurs formes, leurs attributs descriptifs et par les relations topologiques qu'ils entretiennent entre eux. De ce fait, les données associées à ces entités et phénomènes sont hétérogènes, non linéaires (c'est-à-dire définies sur plusieurs dimensions) et caractérisées par une dépendance spatiale et temporelle leur conférant une nature différente de données aspatiales conventionnelles.
- Complexité conceptuelle : Les problèmes décisionnels à référence spatiale impliquent des entités et phénomènes (naturels ou artificiels) définis dans un espace de nature continue sous-jacente incitant à des confusions et à des chevauchements dans la définition des concepts et entités spatiaux. Par conséquent, il est souvent difficile de pouvoir diviser le monde réel en un ensemble de classes d'objets définis de manière exacte. En pratique, la conceptualisation de l'espace est largement gouvernée par la catégorie socio-économique à laquelle appartient le concepteur et dépend des objectifs de l'étude et du niveau de résolution souhaitée, compliquant ainsi le développement d'outils d'aide à la décision spatiale standards applicables à un large spectre de problèmes spatiaux.
- Complexité technique. La complexité des problèmes décisionnels à référence spatiale peut découler aussi d'une mauvaise compréhension de la relation entre le problème décisionnel et son espace de solution. Cette complexité technique se manifeste lorsque par exemple il n'est pas clair quels sont les critères relevant dans le problème, la manière dont ces critères sont combinés, quelles sont les mesures possibles, et comment les différentes alternatives d'action sont évaluées et comparées.

### ***VII.2.2 Nature multicritère des problèmes spatiaux***

Le paragraphe précédent énumère les différents éléments contribuant à la complexité de problèmes spatiaux. En outre, ces problèmes :

- Impliquent que plusieurs intervenants sont impliqués : les problèmes de planification et d'aménagement du territoire sont généralement des travaux de grande envergure qui demandent de l'espace pour être implantés. De ce fait, ils impliquent directement une population de plus en plus avisée par les effets

néfastes sur l'environnement et sur la qualité de la vie qui peuvent être engendrés par ces travaux s'ils ne sont pas soigneusement étudiés.

- Conjuguent des objectifs conflictuels : la multiplicité d'objectifs découle directement de la nature multidimensionnelle des problèmes spatiaux. La situation est compliquée parce que le contexte social du problème de décision qui fait que ces objectifs sont généralement conflictuels, reflétant la diversité d'intérêts et préoccupations des intervenants dans le territoire. En effet, la même étendue spatiale est perçue, conçue, formalisée et modélisée différemment par un environnementaliste, un politicien, un économiste, etc. Chacun de ces intervenants dans l'espace détient une perception de l'espace différente selon ses objectifs et ses préoccupations.

- Nécessitent la considération des critères hétérogènes : un aménagement intégré du territoire est nécessairement interdisciplinaire exigeant la prise en compte de plusieurs critères de nature quantitative et qualitative, généralement non commensurables mesurés sur des échelles différentes et n'ayant pas la même importance. La nécessité de prendre en compte plusieurs critères a été assujettie par de nombreuses lois gouvernementales en matière de l'aménagement du territoire et de la protection de l'environnement. En plus, avec la diversité d'intérêts, il n'est pas toujours aisé d'obtenir un consensus sur la famille de critères à considérer ou d'avoir l'unanimité sur leurs importances respectives aux yeux de tous les intervenants dans le problème.

### **VII.3 Cartographie décisionnelle**

La carte décisionnelle est un outil utilisé dans les processus de prise de décision à référence spatiale. Par définition, une carte décisionnelle est une version avancée de la carte géographique qui est enrichie avec de l'information préférentielle et destinée à éclairer une décision. Elle se présente comme un ensemble d'unités homogènes. Chaque unité est caractérisée par une évaluation globale unique provenant de l'agrégation de plusieurs évaluations relatives aux différents critères.

Les processus de réalisation et la prise de décision sont adaptés à la cartographie décisionnelle multicritère qui se divise en plusieurs étapes bien définies. Chaque étape a un objectif bien défini avec des outils adéquats.

Tableau 1: Etape de prise de décision

<b>Etapes</b>	<b>Objectifs</b>	<b>Outils</b>
<b>Définition du problème</b>	Définir les enjeux et des objectifs, production des données	Outils de gestion des données spatiales : SIG, Access, Excel
<b>Création d'une carte Intermédiaire</b>	Définir les critères, des alternatives, évaluer les conséquences et impacts	Outils de modélisation du problème, de génération des alternatives : SIG + carte décisionnelle + modèles de prévision et de simulation
<b>Classification multicritère</b>	Faire surgir les alternatives d'action supportées par les différents intervenants	Outils de communication : carte décisionnelle
<b>Elaboration d'une carte</b>	Assurer l'évaluation et comparaison des alternatives	Outils d'analyse multicritère AMC
<b>Utilisation de la carte</b>	Recommander une ou plusieurs alternatives d'action	Outils de diffusion SIG

Source : C. Braux

#### **VII.4 Intégration SIG-AMC**

Le couplage SIG-AMC est une approche utilisée dans l'élaboration de la carte décisionnelle. Il s'agit d'incorporer les méthodes de surclassement dans des SIG.

#### **VII.5 Schéma conceptuel, modes et directions d'intégration**

##### *a Schéma conceptuel d'intégration*

L'idée conceptuelle sur laquelle se base les travaux d'intégration SIG-AMC est donnée en Figure 2. Elle consiste à utiliser les fonctionnalités du SIG pour préparer les entrées (inputs) nécessaires à l'application d'une méthode multicritère.

Opérationnellement, un système SIG-AMC intégré commence par la définition du problème, où les capacités analytiques du SIG sont utilisées pour générer l'ensemble d'actions potentielles et l'ensemble des critères. Ensuite, la procédure de superposition de couche (overlay) est utilisée pour réduire un nombre initialement très grand d'actions en un nombre limité d'actions qui peuvent facilement être évaluées et comparées par une méthode d'analyse multicritère. Finalement, les potentialités de présentation du SIG sont utilisées pour visualiser les résultats de l'analyse.

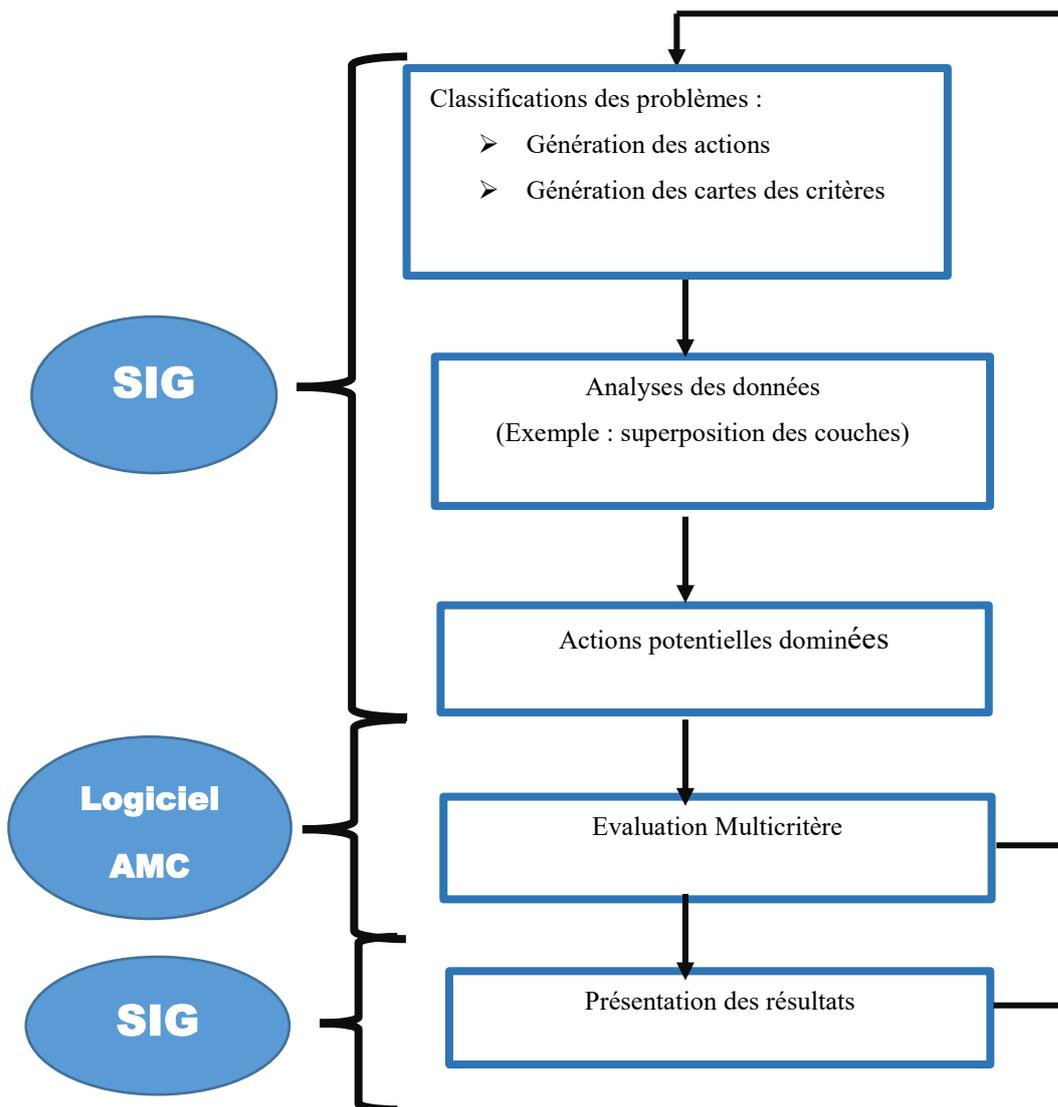


Figure 2 :Schéma conceptuel d'intégration SIG-AMC

### *b Différents modes d'intégration*

Il existe trois méthodes pour incorporer les méthodes multicritères dans des SIG :

- ❖ Intégration indirecte : Dans ce mode d'intégration, les deux logiciels restent complètement indépendants mais les fonctionnalités d'analyse multicritère sont utilisables. Ce mode a été adopté surtout par les premiers travaux d'intégration SIG-AMC au début des années 1990 (exemple : Guimarães et al., 1994 ; Jankowski, 1995).
- ❖ Intégration encadrée : Les deux logiciels restent indépendants mais ils utilisent une seule interface (le plus souvent celle du SIG). Le dialogue entre les deux systèmes se fait toujours via un système intermédiaire mais pour l'utilisateur l'intégration est apparemment réalisée puisque les échanges de données lui sont transparents. Ce mode d'intégration a été adopté surtout à la fin des années 1990 (exemple : Bennett et al., 1999 ; Riedl et al., 2000).
- ❖ Intégration complète. Une intégration complète permet d'avoir un système SIG-AMC intégré possédant une interface unique et une base de données commune. Dans ce mode, les fonctionnalités de l'analyse multicritère sont activées directement comme toute autre fonction de base du SIG. Les algorithmes multicritères sont re-programmés dans le macro-langage du SIG (exemple : AML d'Arc/Info ou PLL d'Intergraph ou encore Avenue d'ArcView) ou un langage procédural supporté par le SIG (exemple : comme le SIG ArcGIS d'ESRI qui supporte VBA et JAVA, MapObjects qui supporte VBA) ou un langage de script. Ce mode d'intégration a été utilisé, par exemple, Matthews et al. (1999) et Chakhar (2001).

Pour ce travail, Nous avons utilisé ce dernier mode d'intégration qui est l'intégration complète.