

## **Aide multicritère à la décision.**

### **Application au classement des centrales électriques (Sonelgaz)**

**Mme Kherchi Hanya**

#### **Introduction :**

L'aide multicritère d'aide à la décision fait parti du domaine de l'aide à la décision. Elle consiste à fournir au décideur des outils lui permettant de contribuer et de progresser dans la résolution d'un problème de décision, en tenant compte de différents points de vues souvent conflictuels. Par conséquent, les MMAD n'ont pas pour objectif la détermination de la solution optimale satisfaisant tous les critères simultanément (ces solutions n'existent pas), mais elles permettent d'approcher le problème de façon réaliste, en cernant toutes ses facettes. Dans cette étude il s'agit d'établir un processus décisionnel, pour la SONELGAZ, qui vise à définir une stratégie de développement qui peut satisfaire, tout en respectant les contraintes sociale, financière et politique, une double exigence :

- une exigence économique qui se traduit par la minimisation des coûts d'exploitation des centrales électriques ;
- une exigence de fiabilité, en assurant une continuité et une qualité de la fourniture d'énergie satisfaisante, par les centrales électriques, pour chaque niveau de la demande.

On se propose, donc de classer les centrales électriques dans un ordre décroissant selon leur rentabilité, en considérant plusieurs critères (puissance installée, consommation spécifique, disponibilité, production, coût du combustible, coût des gros entretiens, les frais du personnel, le prix de revient). Pour cela, une MMAD est appliquée qui est la méthode PROMETHEE (Preference Organisation Method for Enrichment Evaluation). Comme, pour toute MMAD, on opère comme suit :

- dresser la liste des l'actions potentielles ;
- dresser la liste des critères à prendre en considération ;
- établir le tableau des performances ;
- agréger les performances.

Après une étude de sensibilité, une recommandation est élaborée et exposé au décideur. Cette dernière constituera un bon support pour l'élaboration de la décision finale.

#### **1- Objet de la décision :**

La production de l'énergie électrique est réalisée par différentes filières :  
Turbine Vapeur- Turbine à Gaz- Diesel et parc Hydraulique.

Dans le contexte de notre étude, Sonelgaz est en mesure d'adopter un procédé décisionnel qui vise à définir une stratégie de développement qui peut satisfaire ; tout en respectant les contraintes sociales, financières, politiques ; une double exigence :

- une exigence économique qui se traduit par la minimisation des coûts d'exploitation(y compris la maintenance et le combustible pour la production)
- Une exigence de fiabilité, en assurant une continuité et une qualité de la fourniture d'énergie satisfaisante, pour chaque niveau de la demande.

Alors, nous allons consacrer ce travail pour répondre aux exigences de l'entreprise, en proposant d'illustrer le problème de la fiabilité des centrales électriques selon plusieurs critères quantitatifs et de faire un classement décroissant de ces dernières selon leur

rentabilité ; ce qui nous amène à tenter d'effectuer une analyse multicritère sur l'ensemble des centrales électriques.

**Tableau 1 : Nombre de centrales électriques existantes**

Filière	Nombre
Turbine vapeur	7
Turbine à gaz	16
Diesel	6
Hydraulique	5
Total	34

Source: SONELGAZ 2003.

Dans le but de dégager les centrales les plus performantes nous allons considérer les centrales du réseau interconnecté plus spécialement les filières Turbine Vapeur, Turbine à Gaz car elles réalisent un taux de production de 98% de la structure du parc.

## **2-les actions potentielles :**

Les actions potentielles retenues pour cette étude représentent les centrales électriques : Turbine à Gaz, Turbine Vapeur.

## **3- Détermination de l'ensemble des critères :**

Après l'étude des différentes caractéristiques de chaque centrale, et selon la disponibilité des données au sein de l'organisme, les critères suivants apparaissent:

1. La puissance installée
2. La consommation spécifique
3. La disponibilité
4. La production
5. Le coût du combustible
6. Les gros entretiens
7. Les frais du personnel
8. Le prix de revient

### **1<sup>ère</sup> étape :**

Après l'apparition des critères cités ci-dessus, en étroite collaboration avec le décideur (chef de Département Planification Moyen Terme) nous avons pu dégager parmi les critères disponibles ceux qui constituent une famille cohérente tout en répondant aux exigences de : non redondance, exhaustivité et cohésion.

Ces critères sont en nombre de cinq (5) :

1. Puissance installée
2. Consommation spécifique
3. Production
4. Disponibilité

## 5. Prix de revient

Donc nous allons utiliser ces critères pour effectuer l'analyse ce qui fait un premier scénario de notre étude qui représente "le point de vue gestionnaire"

### 2<sup>ème</sup> étape :

Selon l'avis d'un autre expert (un responsable de la direction de production d'électricité), il trouve que la performance d'une centrale électrique ne se mesure qu'avec deux (02) principaux critères "la consommation spécifique et la disponibilité d'une centrale", ces deux critères sont les seuls utilisés ; comme paramètres qui déterminent la performance des centrales électriques; Sur l'échelle mondiale selon le même expert, d'où le deuxième scénario de l'analyse qui correspond au "point de vue exploitant"

#### 4- Evaluation des actions potentielles :

Avant de procéder aux évaluations, il est utile de mentionner que ces critères se sont quantitatifs, puisque les évaluations des actions potentielles selon ces critères représentent toutes des valeurs mesurables sur une échelle métrique (pas de critères qualitatifs)

#### Scénario [1] :

**Tableau 2** : Tableau des évaluations scénario [1]

Critères Actions	Consommation Spécifique	Disponibilité
Alger Port	3.118	75.75
Ras Djenet	2.529	89.3
Ravin Blanc	3.099	32.48
Marsat	2.58	80.01
Jijel	2.602	85.62
Skikda	2.864	44.80
Annaba (TV)	3.498	40.62
Tiaret	3.155	92.36
Hamma	4.22	69.08
Beb Ezouar	4.429	78.15
Boufarik	3.953	74.7
M'Sila	3.319	90.36
H.R'mel	3.601	96.34
Annaba (TG)	3.82	51.38
Tilghemt	2.984	94.37
H.El Hamra	6.726	79.31
HM. Sud	4.44	66.2
HM. Nord	3.423	86.53
HM. Ouest	2.901	95.1

--	--	--

## B- Scénario [2] :

**Tableau 3** : Tableau des évaluations du scénario [2]

Critères Actions	Puissance installée	Consommation spécifique	disponibilité	Structure de production	Prix de revient
Alger Port	120	3.118	75.75	2.934	88.940
Ras Djenet	672	2.529	89.3	13.509	107.16
Ravin Blanc	133	3.099	32.48	1.717	133.22
Marsat	840	2.58	80.01	18.606	99.97
Jijel	588	2.602	85.62	18.444	71.82
Skikda	262	2.864	44.80	6.101	102.95
Annaba (TV)	125	3.498	40.62	1.039	416.41
Tiaret	420	3.155	92.36	5.255	101.27
Hamma	40	4.22	69.08	0.273	342.87
Beb Ezouar	108	4.429	78.15	1.422	204.47
Boufarik	80	3.953	74.7	1.291	137.36
M'Sila	806	3.319	90.36	11.464	101.33
H.R'mel	88	3.601	96.34	1.514	127.45
Annaba (TG)	45	3.82	51.38	0.062	3225.74
Tilghemt	200	2.984	94.37	4.866	88.8
H.El Hamra	22	6.726	79.31	0.304	164.89
HM. Sud	72	4.44	66.2	1.499	96.36
HM. Nord	320	3.423	86.53	4.626	105.33
HM. Ouest	369	2.901	95.1	5.056	99.07

## 5- Choix de la méthode :

Le problème est posé en terme de rangement des centrales électriques des filières Turbine Vapeur et Turbine à Gaz qui sont aux nombres de 19 centrales. La méthode PROMETHEE [Vin 89] a été choisie. Cette méthode consiste à construire une relation de surclassement en se bas sur des concepts et des paramètres qui ont une interprétation physique (ou économique) aisément compréhensible par le décideur.

## 6-Détermination des paramètres de la méthode (poids, seuils de préférences, seuils d'indifférences):

Scénario [1] :

**Tableau 4** : Les différents paramètres du premier scénario.

Critères	Critère1	Critère 2
Paramètres	Disponibilité	Consommation spécifique
Poids $w_j$	$w_1 = 6$	$w_2 = 4$
Seuil d'indifférence $q_j$	$q_1 = 4$	$p_2 = 0.2$
Seuil de préférence $p_j$	$p_1 = 10$	$p_2 = 1$
Sens du critère	Maximisé.	Minimisé.

Scénario [2] :

Confronté au limite du logiciel ; on a été obligé de discriminer les dix-neuf centrales selon leur type de filière :

- Filière Turbine Vapeur : elle contient sept actions.
- Filière Turbine à Gaz : elle contient douze actions.

Scénario [2] Filière Turbine Vapeur :

**Tableau 5** : Les différents paramètres de la méthode pour les centrales «TV »

Critères	Critère1	Critère2	Critère3	Critère4	Critère5
Paramètre	Puissance installée	Consommation spécifique	Disponibilité	Structure de production	Prix de revient
Poids $w_j$	$w_1=1.5$	$w_2= 4$	$w_3= 3$	$w_4= 1$	$w_5= 0.5$
Seuils d'indifférence $q_j$	$q_1=12.5$	$q_2 = 0.05$	$q_3 = 4.5$	$q_4 = 0.7$	$q_5 = 5$
Seuils de préférence $p_j$	$p_1 = 20$	$p_2 = 0.3$	$p_3 = 10$	$p_4 = 3$	$p_5 = 15$
Sens du Critère	Maximisé	Minimisé	Maximisé	Maximisé	Minimisé

Scénario [2] Filière Turbine à Gaz :

La même démarche que nous avons suivi pour l'élaboration des seuils pour la filière Turbine Vapeur, est adopter pour la filière Turbine à Gaz.

**Tableau 6**: Valeurs attribuées aux différents paramètres pour les actions «TG»

Critères	Critère1	Critère2	Critère3	Critère4	Critère5
Paramètre	Puissance installée	Consommation spécifique	Disponibilité	Structure de production	Prix de revient
Poids $w_j$	$w_1=1.5$	$w_2= 4$	$w_3= 3$	$w_4= 1$	$w_5= 0.5$

Seuils d'indifférence $q_j$	$q_1 = 10$	$q_2 = 0.11$	$q_3 = 1.5$	$q_4 = 0.08$	$q_5 = 4$
Seuils de préférence $p_j$	$p_1 = 20$	$p_2 = 0.16$	$p_3 = 2.5$	$p_4 = 0.2$	$p_5 = 9$
Sens du Critère	Maximisé	Minimisé	Maximisé	Maximisé	Minimisé

Après la détermination des différents paramètres de la méthode, nous pouvons exécuter le logiciel pour trouver une solution de base au problème posé.

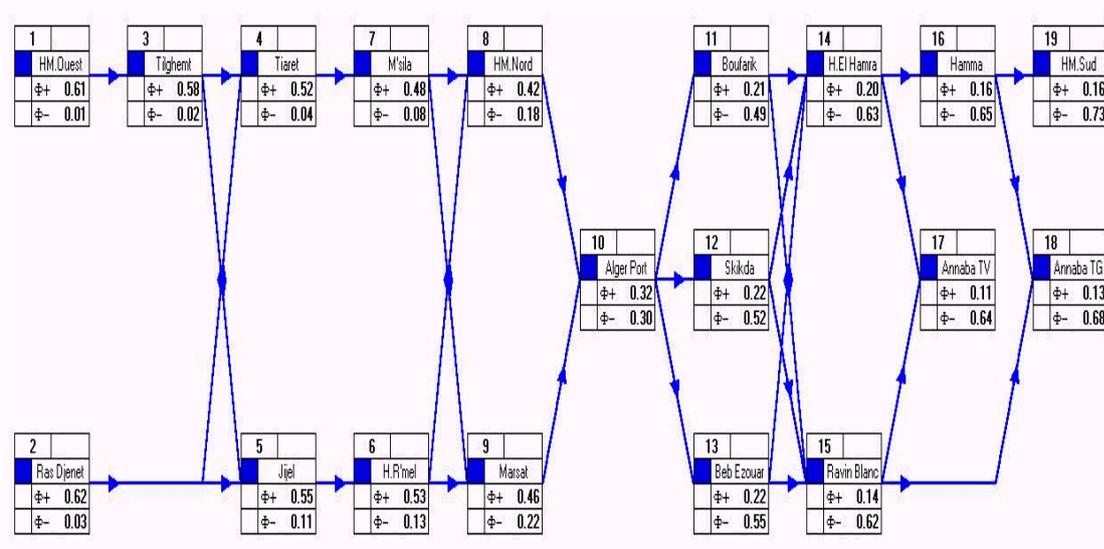
### 7- Présentation et interprétation des résultats :

Le logiciel lab200 nous a permis d'avoir les résultats suivants qui représentent la solution de base :

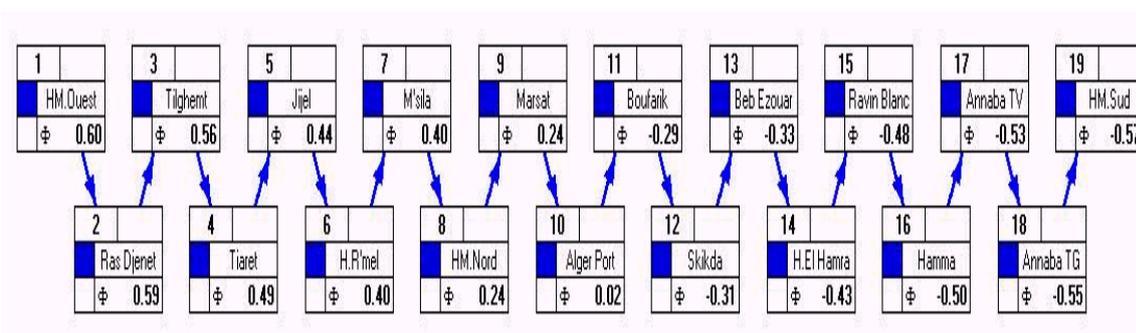
Scénario [1]:

L'exécution du logiciel "Décision Lab 2000", nous a donné le classement des dix-neuf (19) centrales par rapport au deux (02) critères (disponibilité, consommation spécifique)

#### PROMETHEE I :



#### PROMETHEE II :



L'incomparabilité entre :

- HM Ouest , Ras Djenet
- Tiaret, Jijel
- M'sila, HR'mel
- HM Nord, Marsat
- Boufarik, Skikda
- Boufarik, Beb Ezouar
- H El Hamra, Ravin Blanc
- Hamma, Annaba TV
- HM Sud, Annaba TG

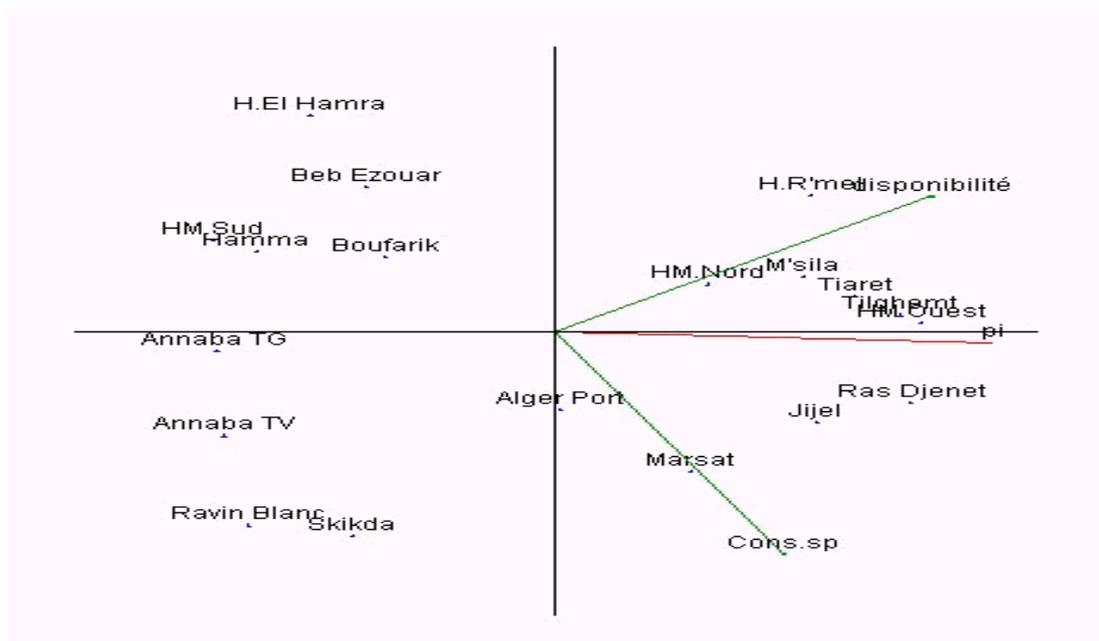
Les résultats obtenus par PROMETHEE I ne se prononcent pas en faveur de l'une ou l'autre action, c'est au décideur de trancher.

PROMETHEE II nous a donné un rangement complet sans incomparabilité à partir des qualifications  $\Phi$  (le résultat de la différence entre  $\Phi^+$  et  $\Phi^-$  de l'action)

D'après ce rangement nous pouvons noter l'existence de l'indifférence entre:

- M'sila et HR'mel
- HM Nord et Marsat

**Plan GAIA :**



Ce plan nous offre une représentation graphique des actions par rapport aux deux axes (axe disponibilité; axe cons spécifique) et à l'axe de décision

On déduit que :

- Les actions bonnes sur le critère "Disponibilité" sont celles qui se situent dans la même direction de l'axe du critère ; elles sont :  
HM Nord, M'sila, Tiaret, Tilghemt, HM Ouest, HR'mel, Ras Djenet, Jijel.
- Les actions bonnes sur le critère "consommation spécifique" sont :  
Marsat, Jijel, Ras Djenet, Skikda, HM Ouest, Tilghemt.

- L'axe de décision "pi" fournit le classement obtenu selon PROMETHEE II ; comme sa projection est grande par rapport aux deux (02) axes des critères, donc il a un fort pouvoir de décision, ce qui nous amène à choisir l'action le plus loin possible de l'origine dans le sens de cet axe, nous pouvons distinguer alors les meilleures actions :

HM Ouest, Ras Djenet, Tilghemt, Tiaret

Après la présentation et l'interprétation des résultats propre à ce scénario (fournis par la méthode), nous sommes capables de différencier trois (03) classes d'actions qui sont:

**Classe 1 :** elle contient les premières actions du classement qui sont au nombre de sept (07):

- HM Ouest, Ras Djenet, Tilghemt, Tiaret, Jijel, HR'mel, M'sila.

**Classe 2:** le milieu du classement est formé par les actions suivantes :

- HM Nord, Marsat, Alger Port, Boufarik, Skikda, Bab Ezouar dans cet ordre.

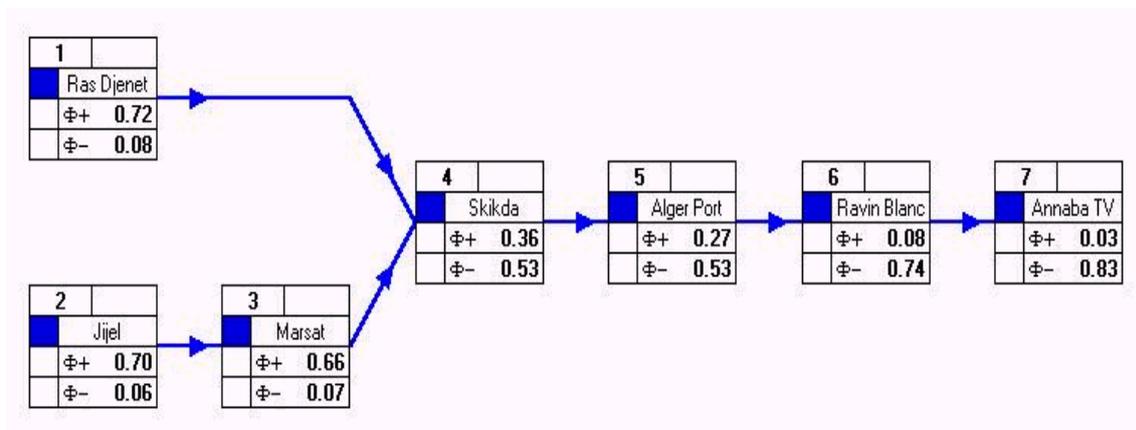
**Classe 3:** les actions formant la queue du classement sont :

- H EL Hamra, Ravin Blanc, Hamma, Annaba TV, Annaba TG, HM Sud.

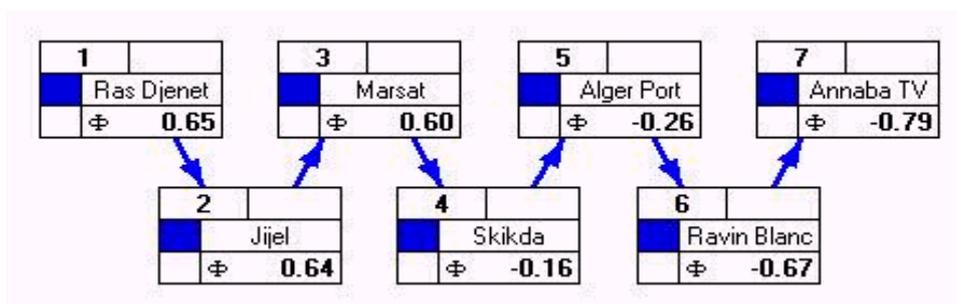
Scénario [2] Filière TV:

Nous avons effectué un classement des sept (07) actions TV selon les cinq critères, nous obtenons les résultats suivants :

**PROMETHEE I :**



**PROMETHEE II :**



## Interprétation :

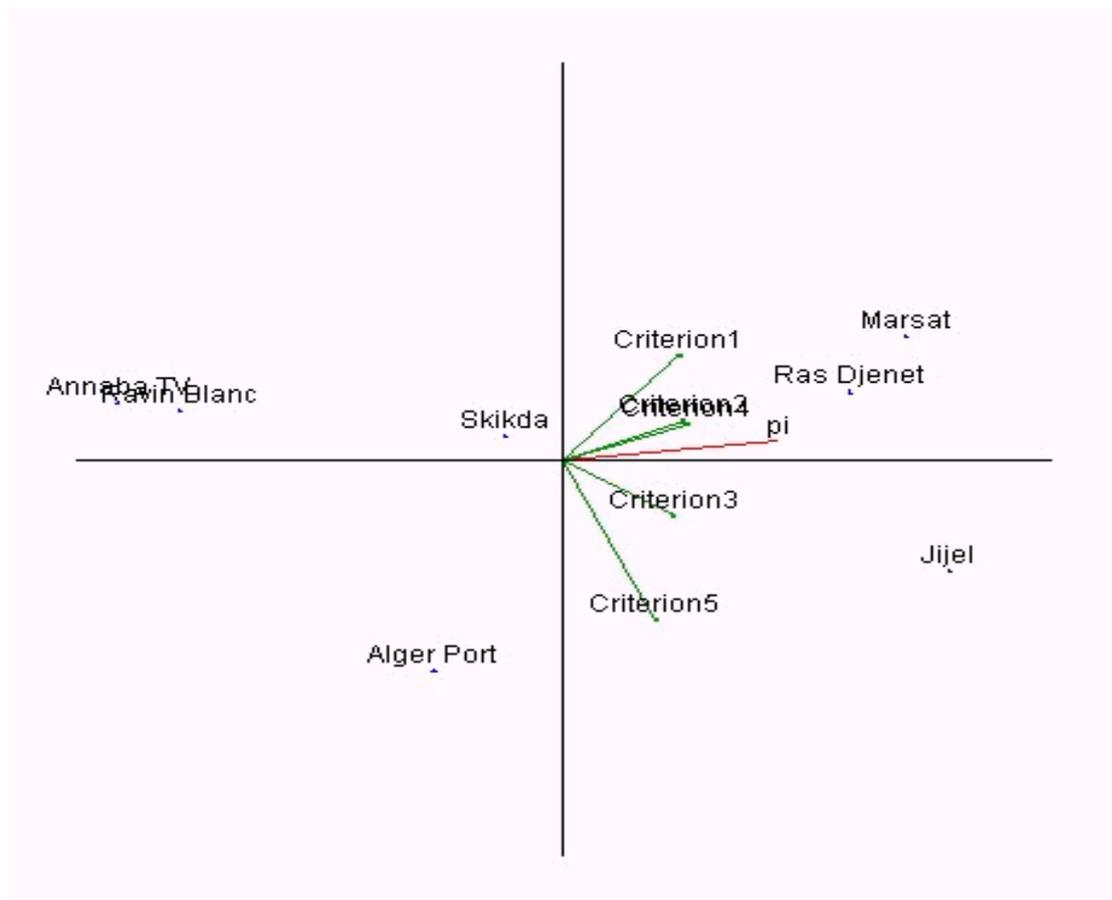
D'après le résultat fourni par PROMETHEE I, nous avons enregistré que deux (02) actions incomparables qui sont :

Ras Djenet et Jijel car :  $\Phi_{RD}^+ > \Phi_J^+$  et  $\Phi_{RD}^- > \Phi_J^-$

Le rangement complet fourni par PROMETHEE II est donné dans cet ordre :

Ras Djenet, Jijel, Marsat, Skikda, Alger Port, Ravin Blanc, Annaba TV

### Plan GAIA:



- Nous constatons que nous avons une qualité de représentation  $\Delta = 93.86\%$
- Puisque l'axe du critère 5 (prix de revient) est le plus grand, donc ce critère discrimine les actions.
- Les critères exprimant les mêmes préférences sont orientés dans la même direction, nous pouvons différencier deux ensembles de critères :

Ensemble 1: critère 1 (puissance installée), critère 2, critère 4,

Ensemble 2: critère 3, critère 5

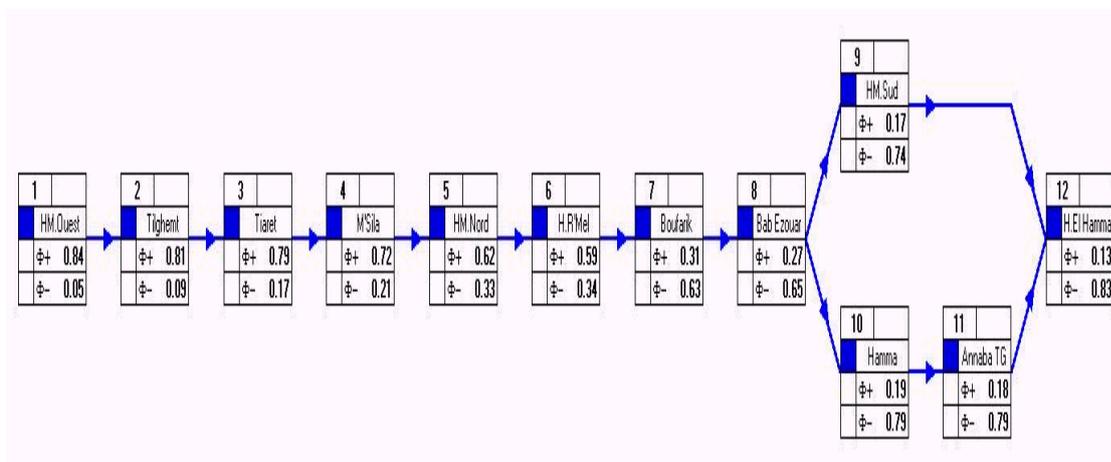
- Les actions Marsat, Ras Djenet, sont bonnes sur les critères (1,2,4)
- L'action bonne sur les critères (3,5) est Jijel
- Les actions qui ont une position opposée aux critères (1, 2,4) sont Skikda, Ravin Blanc, Annaba TV
- L'action qui a une position opposée aux critères (1, 2,4) est Alger Port
- Pour l'axe de décision "pi" nous remarquons que sa projection est courte par rapport aux axes des cinq (05) critères, cela signifie que les critères sont en conflits et donc on choisit

les actions les plus proches de l'origine dans le sens de cet axe, ces actions sont : Ras Djenet, Jijel, Marsat.

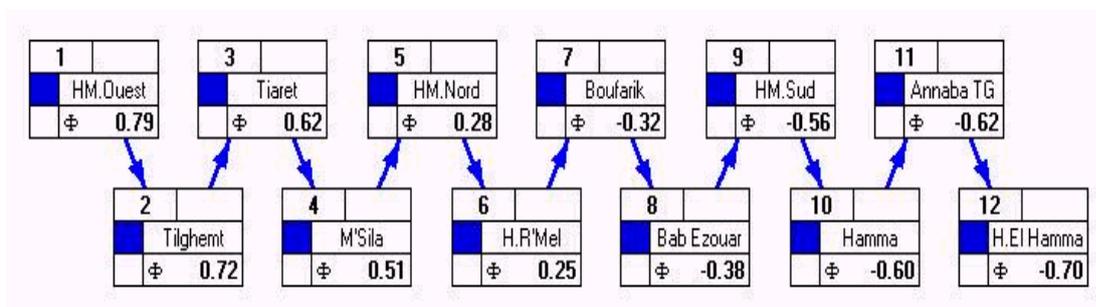
Scénario [2] Filière TG:

Nous avons effectué un classement des douze (12) centrales TG selon les 05 critères :

**PROMETHEE I:**



**PROMETHEE II:**

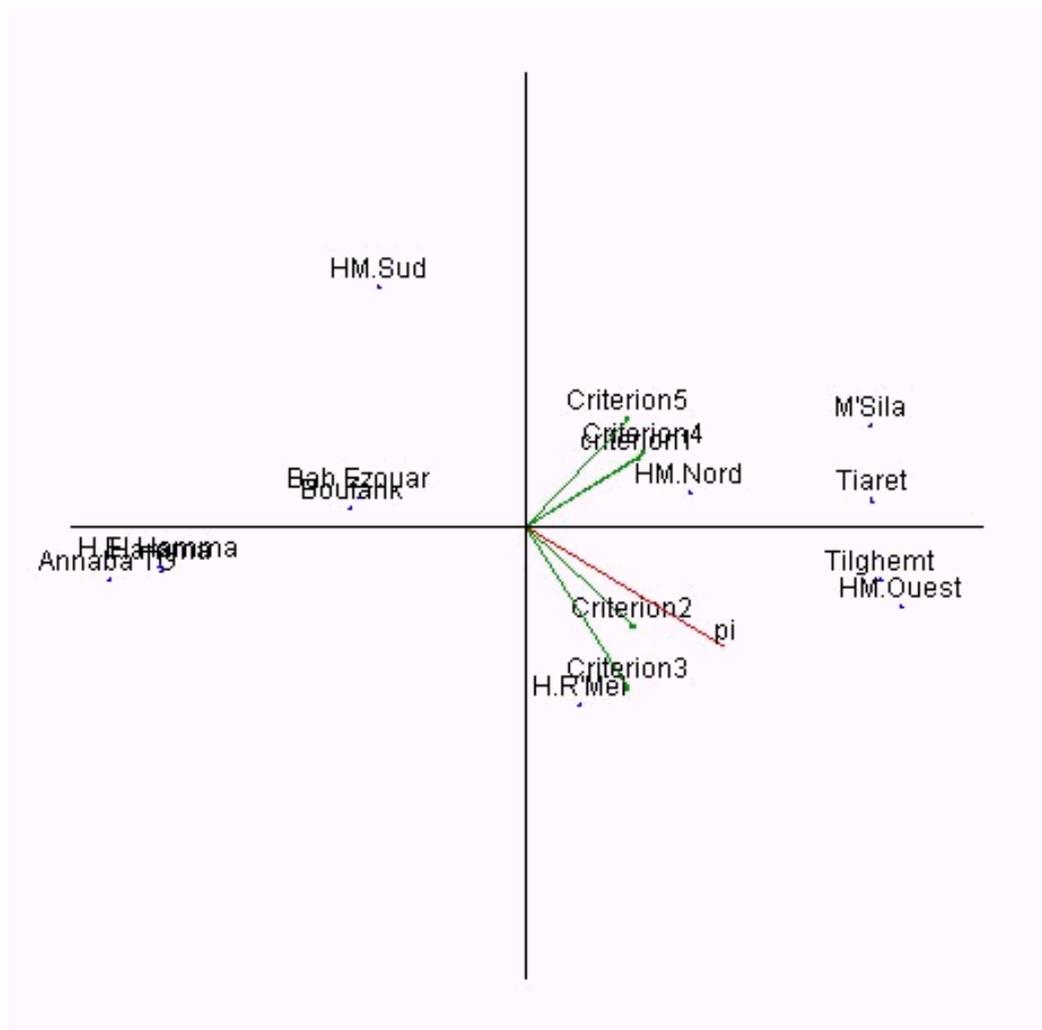


**Interpretation:**

D'après le résultat obtenu par PROMETHEE I, les actions incomparables sont : HM Sud et Hamma car  $\Phi^+_{HMS} < \Phi^+_{Hamma}$  et  $\Phi^-_{HMS} < \Phi^-_{Hamma}$

PROMETHEE II nous a donné le rangement suivant : HM Ouest , Tilghemt , Tiaret , M'sila , HM Nord , H R'mel , Boufarik , Bab Ezouar, HM Sud , Hamma , Annaba TG , H EL Hamra .

## Plan GAI



On remarque que :

- La qualité de représentation  $\Delta$  est de 88.03% ( $\Delta > 70\%$ ) donc on a une bonne représentation sur ce plan.
- puisque l'axe du critère 3 est le plus long, alors ce critère discrimine les actions
- les critères exprimant les mêmes préférences sont :

{ Critère 1, critère 4, critère 5 (de la même direction)  
 Critère 2, critère 3 (de la même direction)

- Les actions : HM Nord, Tiaret, M'Sila sont bonnes sur les critères: 1 (puis inst), 4 (production), 5 (prix de revient)
- les actions bonnes sur les critères : 2 (cons spécifique), 3 (disponibilité) sont : HR'mel, HM Ouest, Tilghemt.
- Les actions qui ont une position opposée aux critères (1 ; 4 ; 5) sont : H.EL Hamra, Annaba TG et Hamma.
- Les actions qui ont une position opposée aux critères (2 ; 3) sont : HM Sud, Bab Ezouar et Boufarik.
- Pour l'axe de décision "pi" nous constatons que sa projection est grande par rapport aux axes des critères d'où la justification du choix des actions les plus loin possible de l'origine dans le sens de cet axe ; ces actions sont :

HM Ouest, Tilghemt, Tiaret, M'sila.

Le classement par filière de turbine (à gaz et à vapeur) chacune à part, n'intéresse pas le décideur car une turbine à gaz peut être en concurrence avec une turbine à vapeur, donc un classement général de toutes les centrales tout type confondu est alors exigé.

## **8- analyse de la sensibilité :**

L'analyse de sensibilité consiste à faire varier les valeurs attribuées aux paramètres de la méthode multicritère, utilisée pour déterminer une solution de base, dans des intervalles de référence préétablis. Cela vise à tester la stabilité et la robustesse du résultat face à ces variations, afin de cerner l'incertitude et l'imprécision dans l'élaboration du modèle.

Cette analyse permet aussi de distinguer les paramètres qui conditionnent très étroitement la solution obtenue, c'est à dire, où il suffit d'une faible modification pour que cette solution soit changée significativement.

### **Variation des poids :**

Pour tester la stabilité du résultat face aux variations des poids, nous sensibilisons le poids de chaque critère dans son intervalle de référence, tout en respectant les contraintes suivantes :

- La somme des poids doit être égale à 1.
- Les valeurs des poids doivent exprimer l'ordre d'importance des critères élaboré précédemment.

**Remarque :** Si on sensibilise le poids d'un critère, les valeurs attribuées aux poids des autres critères changeront aussi car la somme doit être égale à 1. Donc, pour que l'analyse de sensibilité cible le poids du critère considéré, on suppose qu'une petite variation sera composée par le cumul de très petites variations des autres poids. Celles-ci auront donc un effet négligeable relativement à ce critère.

## **9- Interprétation de l'analyse de sensibilité :**

Scénario [1] :

La solution de base présente une stabilité par rapport à la variation des différents seuils et très discutable par rapport à la variation des poids; ce qui justifie l'importance des poids.

Néanmoins, nous avons pu constater que toutes les solutions <sup>1</sup> obtenues suite aux différentes simulations présentent les traits communs suivants :

- Les centrales : [Ras Djenet, HM Ouest, Tilghemt, Jijel, Tieret, HR'mel, M'sila] se partagent selon plusieurs combinaisons les meilleures positions.

- Les centrales : [Marsat, HM Nord, Alger Port, Skikda, Boufarik, Beb Ezzouar] se positionnent toujours au milieu du classement.
- Les centrales : [H EL Hamra, Ravin Blanc, Hamma, Annaba TV, Annaba TG, HM Sud.] sont toujours reléguées en queue de classement.
- Scénario [2] Filière Turbine Vapeur :

La variation des différents seuils et poids représente une stabilité de la solution de base avec quelques permutations du rang entre les trois premières centrales du classement.

Suite aux différentes simulations, les solutions obtenues représentent les traits communs suivants :

- Les centrales : [Ras Djenet, Jijel, Marsat] se partagent selon plusieurs combinaisons les meilleures positions.
- Les centrales : [Skikda, Alger Port] se positionnent au milieu du classement dans cet ordre.
- Les centrales : [Ravin Blanc, Annaba TV] se situent en que du classement.

Scénario [2] Filière Turbine à Gaz :

Une stabilité de la solution de base est marquée suite à la variation des différentes simulations ressortent les traits communs suivants:

- Les centrales : [HM Ouest - Tilghemt - Tieret - M'sila] se positionnent toujours dans cet ordre en tête du classement.
- Les centrales : [HM Nord - HR'mel] se partagent le milieu du classement.
- Les centrales : [Boufarik - Beb Ezouar - HM Sud - Hamma - Annaba TG - H EL Hamra] en fin du classement.

Vu la stabilité des résultats du deuxième scénario pour les deux (02) filières TV et TG, nous pouvons déduire la stabilité des trois (03) classes que nous avons déterminées à partir des deux filières.

## **Conclusion**

L'analyse de sensibilité nous permet de déduire des éléments d'information bien établis, dans le classement obtenu.

Ceci vise à élaborer une recommandation robuste, qui constituera un bon support pour le décideur dans la préparation de la décision finale.

En se basant sur l'analyse de sensibilité, nous pouvons donner au décideur la recommandation suivante :

L'influence de la taille de l'ensemble des critères paraît clairement, lors de l'analyse de sensibilité car le deuxième scénario avec une taille de 5 critères a présenté une stabilité remarquable par rapport au premier scénario ; de là, nous recommandons au décideur de prendre en considération les résultats obtenus lors des combinaisons effectuées sur les deux filières du 2<sup>ème</sup> scénario qui sont les suivants :

- La classe des meilleures centrales, constituée de :  
[Ras Djenet- Jijel- Marsat- HM.Ouest- Tilghemt- M'sila- Tiaret] dans cette ordre de surclassement.
- La classe des centrales moins bonne :  
[Skikda- HM.Nord- Alger Port- HR'mel- Ravin Blanc- Annaba TV- Boufarik- Beb Ezzouar].
- La dernière classe est constituée des centrales :  
[HM.Sud- Hamma- H.El Hamra- Annaba TG].

Nous suggérons à l'entreprise que les centrales de la première classe assureront la production de base ; tout en affectant les centrales de la deuxième classe dans le processus de production selon la forme que prendra la courbe de charge pour pouvoir couvrir la demande au bon moment.

Pour plus de rigueur, il serait intéressant de pouvoir établir un classement avec les cinq critères sur les dix-neuf centrales ; pour cela la version développée de " *Décision Lab 2000* " serait indispensable.

## **Références :**

- 1- Bernard Roy : « Méthodologie multicritère d'aide à la décision » ed Economica 1985
- 2- Christian HURSON & Constantin ZOPOUNIDIS : « Gestion de Portefeuilles et Analyse multicritère » ed Economica 1997
- 3- H. Fargier, P. Perny : « Une approche axiomatique pour les méthodes de surclassement basées sur une règle de concordance », 50èmes Journées du groupe de travail Européen «Aide multicritere à la décision" 1999
- 4- Philippe Vincke : « L'aide multicritère de la décision » ed université de bruxelle 1989
- 5- Pomerol Jean-Charles : « Choix multicritère dans l'entreprise principe & pratique » ed Lavoisier 1993
- 6- Sami ben mena « Méthodes de surclassement et analyse de robustesse » Biotechnol.Agron.soc.Environ 2001 5(1) p.37-41