



P R O M E T H E E

M E T H O D S

Agir dans des contextes complexes et conflictuels

L'aide à la décision multicritère

Bertrand MARESCHAL

Solvay Brussels School of Economics & Management

bmaresc@ulb.ac.be

<http://www.promethee-gaia.net>

Plan

- Introduction
- Aide à la décision multicritère (MCDA)
- **PROMETHEE**
- **GAIA**
- Logiciel **Visual PROMETHEE**
- Exemples
- Atelier

Agir... Décider



1. Décrire
2. Comprendre
3. Gérer: **Décider**

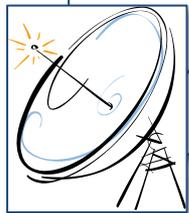
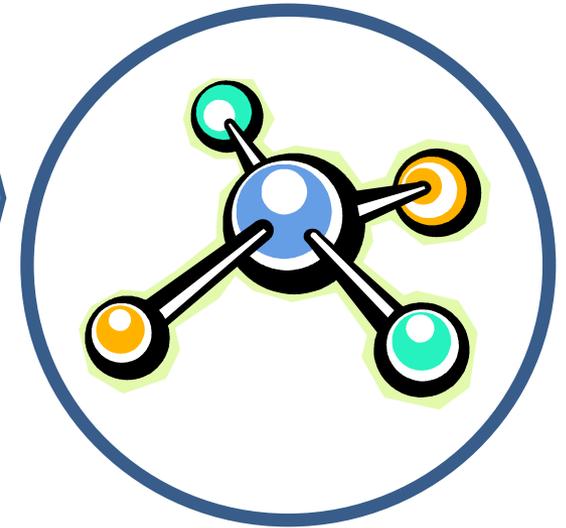
2 Approches :

- Qualitative
- Quantitative

Aide à la décision



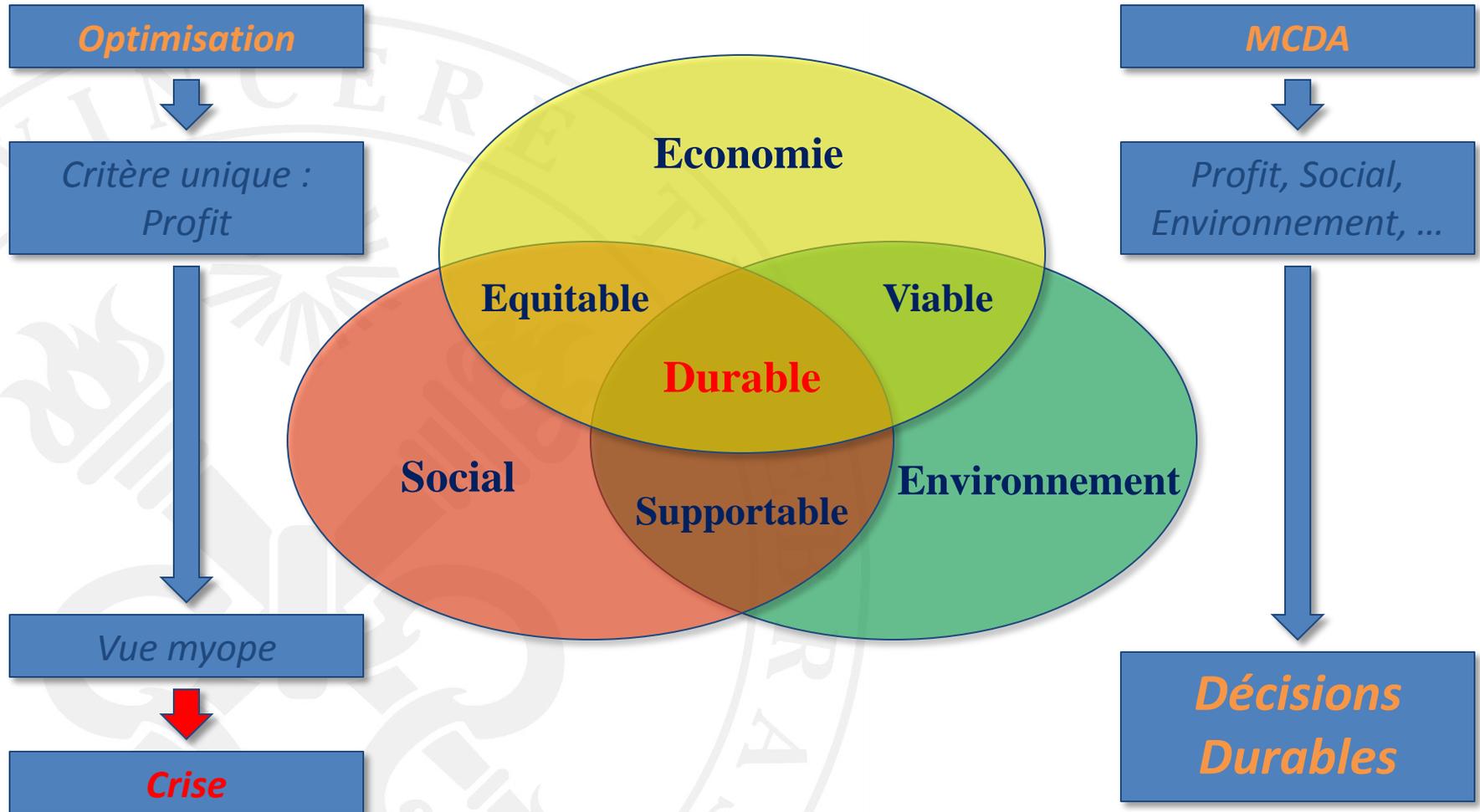
Modèle



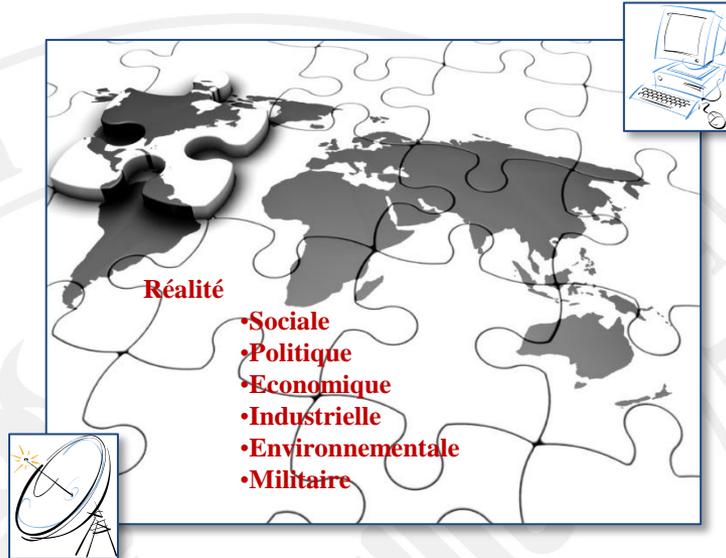
Modèle Quantitatif ?

- Décrire les choix possibles (actions) ?
 - Liste, variables, ...
- Objectif ?
Meilleure décision ? Meilleur choix ?
 - Minimiser les coûts ?
 - Maximiser le profit ?
 - Maximiser la qualité ?
 - Minimiser les impacts ?
- Modèles d'optimisation ?

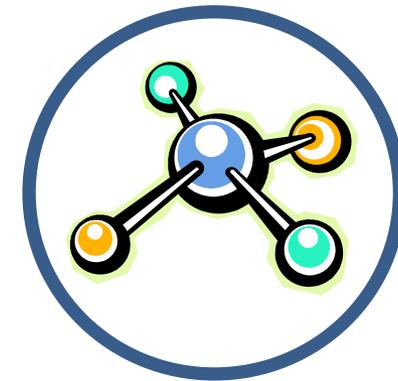
MCDA vs Optimisation



Aide à la décision **vs** Décision



Modèle



- Monde réel
- **Prise de décision**
- Conséquences et responsabilité

- Image simplifiée
- **Aide à la décision**
- Qualité et limites

Quelques problèmes de prise de décision ou d'évaluation

- Localisation: usine, aéroport, incinérateur...
- Tracé de voie ferrée, d'autoroute, ...
- Achat d'équipements
- Aménagement du territoire
- Evaluation et gestion de projets
- Evaluation environnementale
- ...

Tableau multicritère

- Actions :
 - Décisions possibles
 - Items à évaluer
- Critères :
 - quantitatifs
 - qualitatifs

Tableau multicritère

Action 1	
Action 2	
Action 3	
Action 4	
Action 5	
...	

Tableau multicritère

	Crit. 1 (unité)	Crit. 2 (unité)	Crit. 3 (unité)	Crit. 4 (unité)	...
Action 1					
Action 2					
Action 3					
Action 4					
Action 5					
...					

Tableau multicritère

	Crit. 1 (/20)	Crit. 2 (rating)	Crit. 3 (qual.)	Crit. 4 (O/N)	...
Action 1	18	135	B	Oui	...
Action 2	9	147	M	Oui	...
Action 3	15	129	TB	Non	...
Action 4	12	146	TM	?	...
Action 5	7	121	B	Oui	...
...

Par exemple...

Localisation d'une usine

	Investissement (M\$)	Coûts (k\$)	Environn. (impact)	...
Site 1	18	135	B	...
Site 2	9	147	M	...
Site 3	15	129	TB	...
Site 4	12	146	TM	...
Site 5	7	121	B	...
...

Par exemple...

Achats

	Prix (\$)	Fiabilité (MTBF)	Maintenance (estimation)	...
Produit A	18	135	B	...
Produit B	9	147	M	...
Produit C	15	129	TB	...
Produit D	12	146	TM	...
Produit E	7	121	B	...
...

Modélisation... 1... 2... 3...

2.
Définir les
critères

	g_1	g_2	g_3	...
a	$g_1(a)$	$g_2(a)$	$g_3(a)$...
b	$g_1(b)$	$g_2(b)$	$g_3(b)$...
c	...			
...	...			

1.
Définir les
actions

3.
Modéliser les
préférences

Pourquoi pas une somme pondérée?

- Principe
 - Pondérer les critères
 - Calculer la somme pondérée des évaluations (« moyenne »), les « points » associés à chaque décision possible
- Défauts
 - Logique totalement compensatoire
 - Réducteur (k critères → 1 nombre)
 - Problèmes d'échelles (\$, CO₂, sécurité, ...)

Pourquoi pas une somme pondérée?

- Alternative ? 2 voies diamétralement opposées
 - USA (\$) :
 - MAUT/MAVT : fonctions d'utilité ou de valeur
 - Francophonie (humanisme)
 - Surclassement
- Utilité ?
 - Logique toujours totalement compensatoire
 - Demande beaucoup d'information
 - Peu flexible

Méthodes d'aide à la décision

- Modélisation des préférences:

Perception des échelles

Pondération des critères

- Procédure d'analyse:

Approche prescriptive : **PROMETHEE**

Approche descriptive : **GAIA**

Pourquoi PROMETHEE ?

- Méthodologie éprouvée
 - 30 années de développement
 - Plus de 550 références scientifiques
- « Simplicité »
- Outils visuels uniques
- Interactivité
- Logiciel **Visual PROMETHEE**

Principes de PROMETHEE

- Modélisation des préférences :
 - Fonctions de préférence
 - Pondération des critères
- Comparaison par paires des actions :
 - Surclassement
 - Approche prudente (classement partiel)
 - Méthode non totalement compensatoire
 - Atout par rapport à la somme pondérée ou à l'utilité

Un premier exemple

L'achat d'une automobile

Objectifs:

- Economie à l'achat (prix, \$)
- Economie à l'usage (consommation, L/100km)
- Performance (puissance, kW)
- Espace
- Confort

Visual PROMETHEE Academic - TutorCarsQué.vpg (sauvegardé)

Fichier Edition Modèle Contrôle PROMETHEE-GAIA GDSS SIG Custom Assistants
 Snapshots Options Aide



	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Bertrand	Prix	Puissance	Consommation	Espace	Confort
Unité	k\$	kW	L/100km	5-point	5-point
Cluster/Groupe					
Préférences					
Min/Max	min	max	min	max	max
Poids	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fn. de préférence	Forme en V	Linéaire	Forme en V	A paliers	A paliers
Seuils	absolu	absolu	absolu	absolu	absolu
- Q: Indifférence	n/d	5	n/d	1,0	0,5
- P: Préférence	\$ 15,000	30	2,0	2,5	2,5
- S: Gaussien	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Statistiques					
Evaluations					
<input checked="" type="checkbox"/> Tourisme B		\$ 25,500	85	7,0	bon moyen
<input checked="" type="checkbox"/> Luxe 1		\$ 38,000	90	8,5	bon très bon
<input checked="" type="checkbox"/> Tourisme A		\$ 26,000	75	8,0	moyen moyen
<input checked="" type="checkbox"/> Luxe 2		\$ 35,000	85	9,0	très bon bon
<input checked="" type="checkbox"/> Economique		\$ 15,000	50	7,5	mauvais très mauvais
<input checked="" type="checkbox"/> Sport		\$ 29,000	110	9,0	très mauvais mauvais

All Bertrand

Actions: 6 (6 active) Critères: 5 (5 active) Scénarios: 1 (1 active) Local.: Belgium [€/.] Sauvegardé

Modélisation des préférences

- Fonctions de préférence :
 - Critères quantitatifs
 - Critères qualitatifs
- Pondération des critères :
 - Poids égaux (pour commencer...)

Flux de préférence

- Scores relatifs associés aux actions
- Flux sortant et entrant :

- Force : $0 \leq \phi^+ \leq 1$

- Faiblesse : $0 \leq \phi^- \leq 1$

- Flux net :

- Bilan : $-1 \leq \phi = \phi^+ - \phi^- \leq +1$

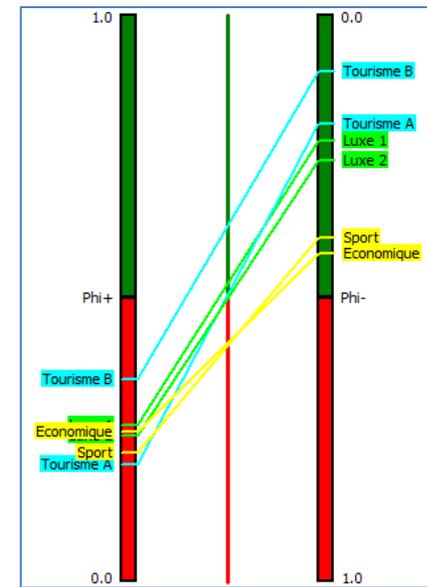
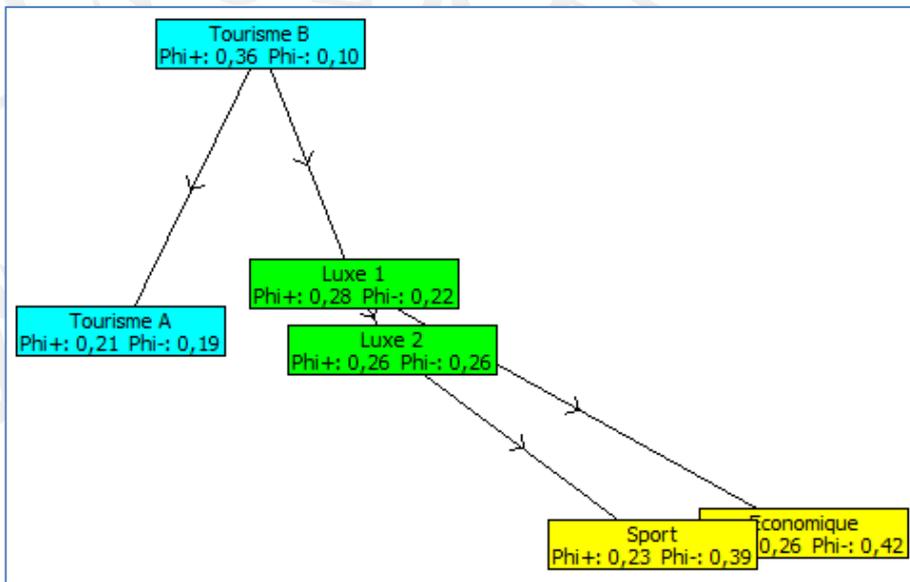
- Flux nets unicritères :

- Scores normalisés par critère :

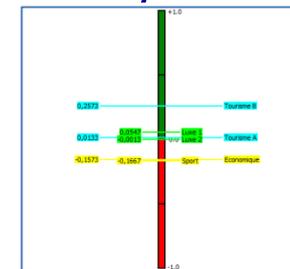
$$\text{critère } f_j \Rightarrow -1 \leq \phi_j \leq +1$$

PROMETHEE I & II

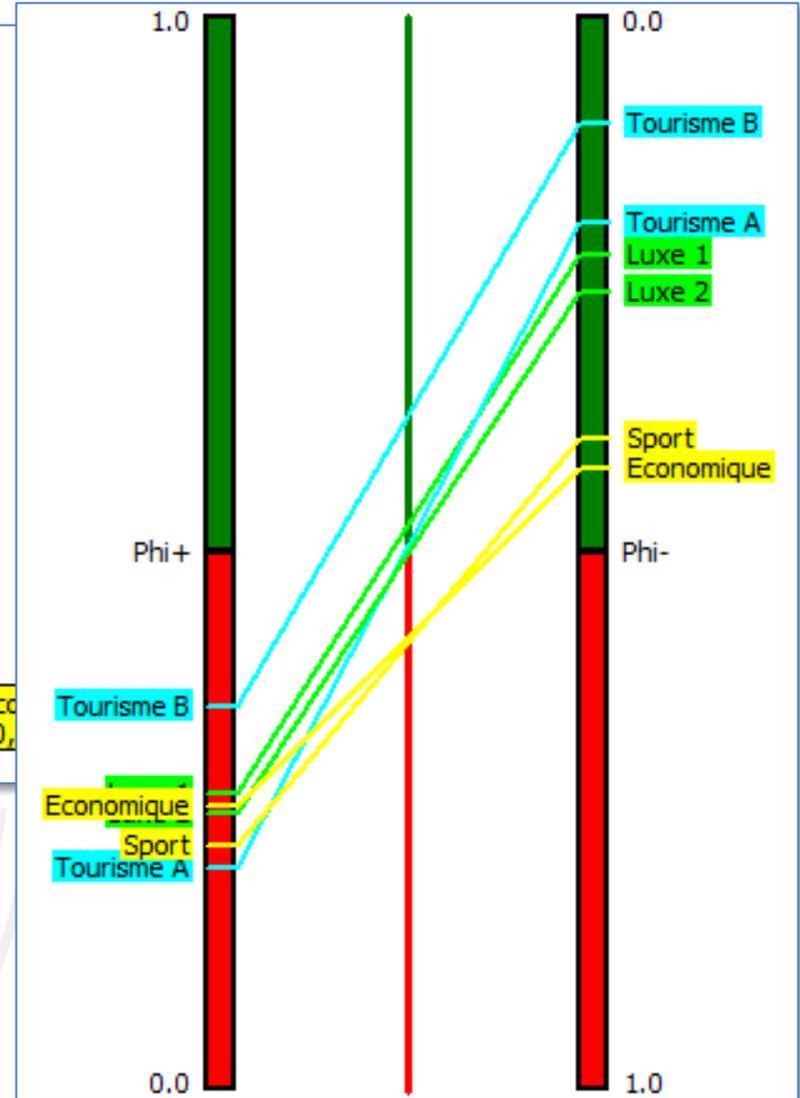
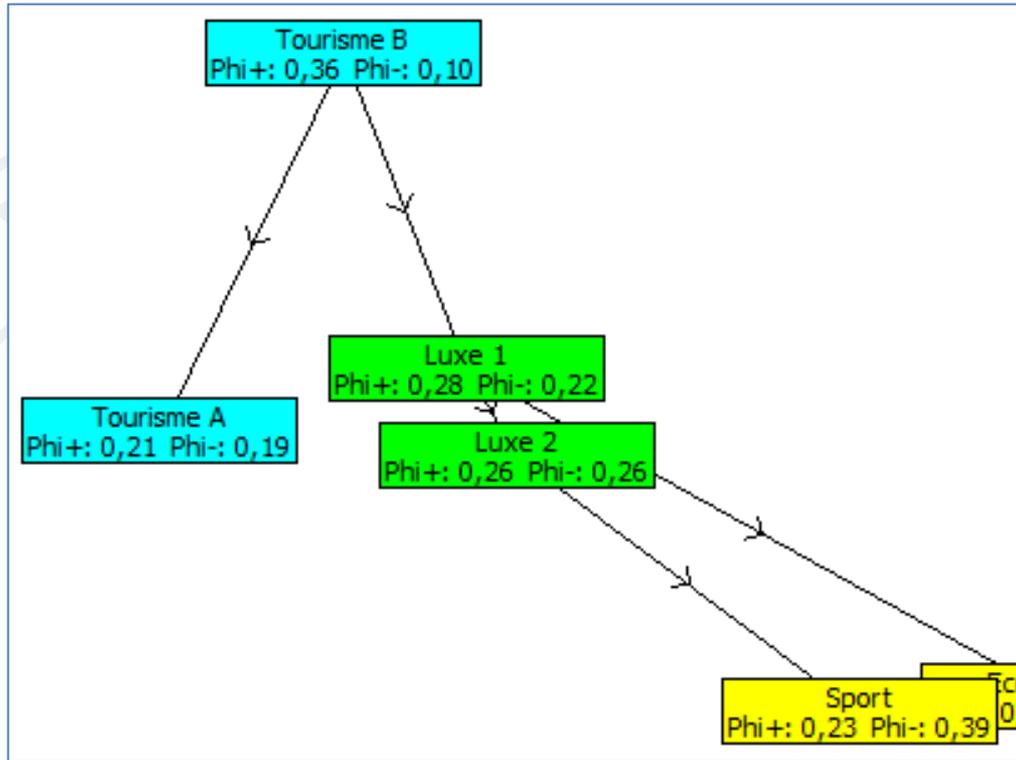
- **PROMETHEE I** : classement partiel – ϕ^+, ϕ^-



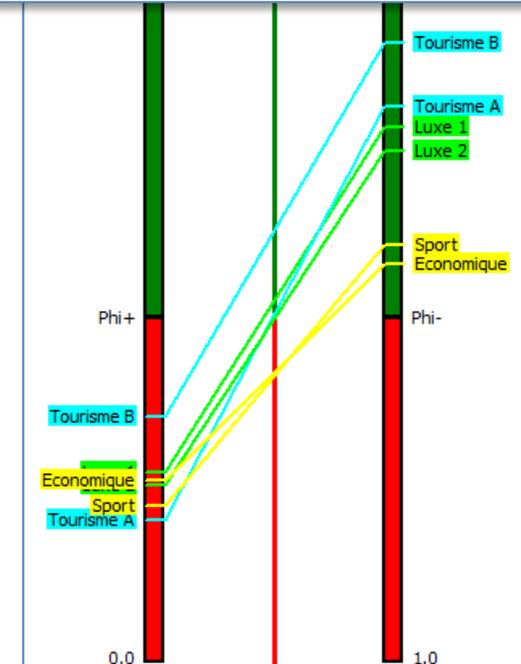
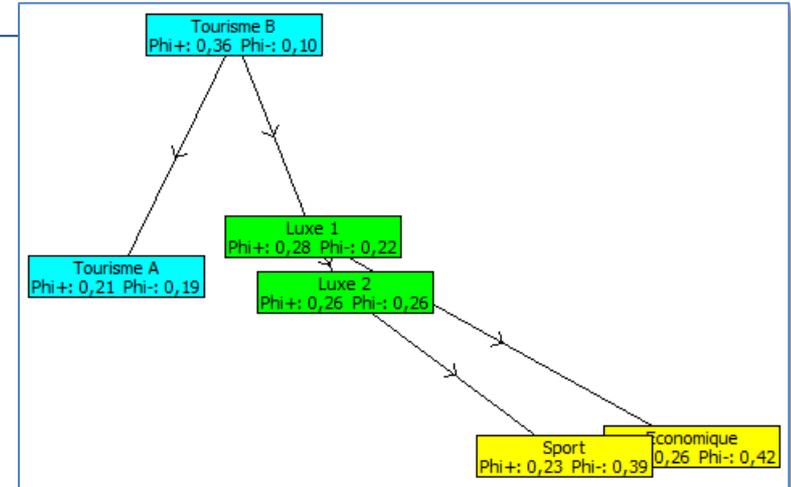
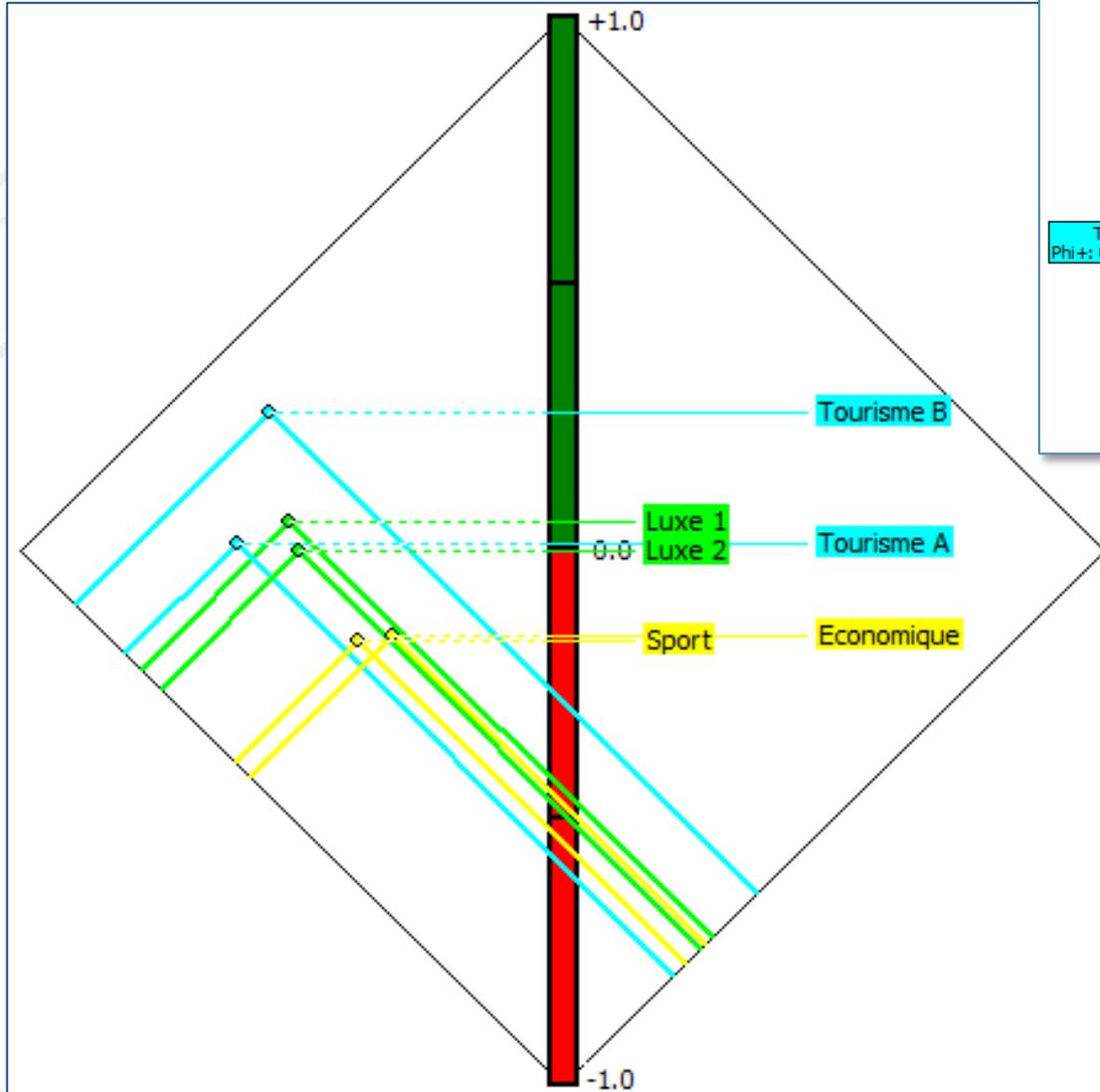
- **PROMETHEE II** : classement complet – ϕ



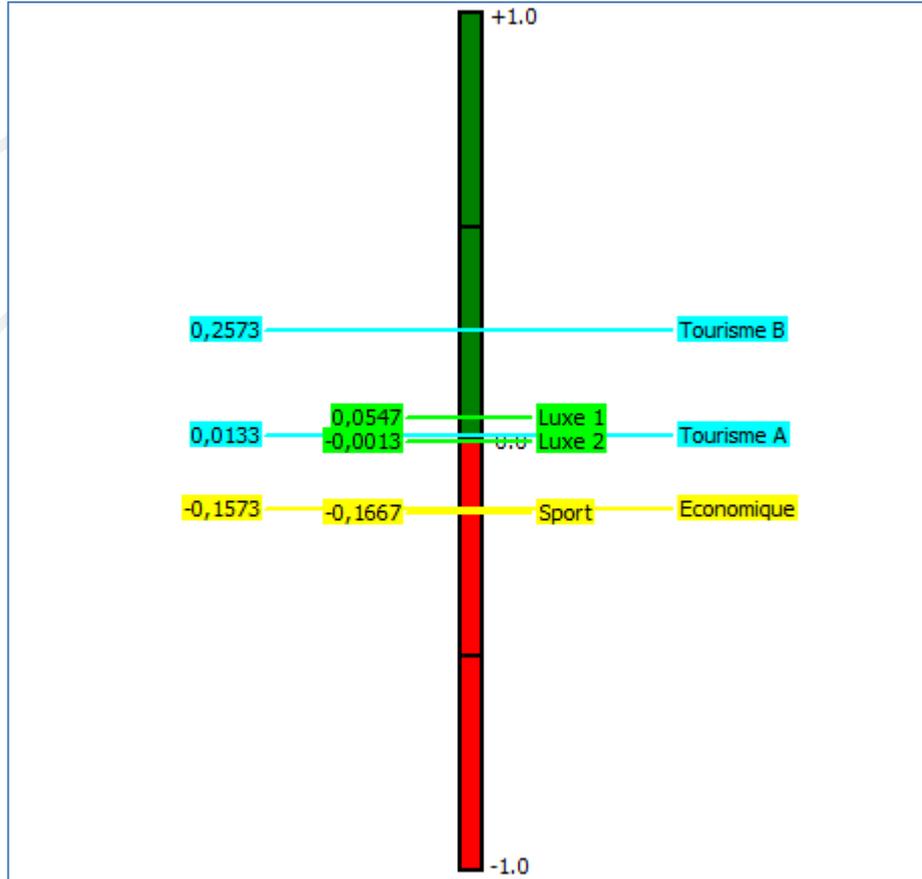
PROMETHEE I



Diamant PROMETHEE

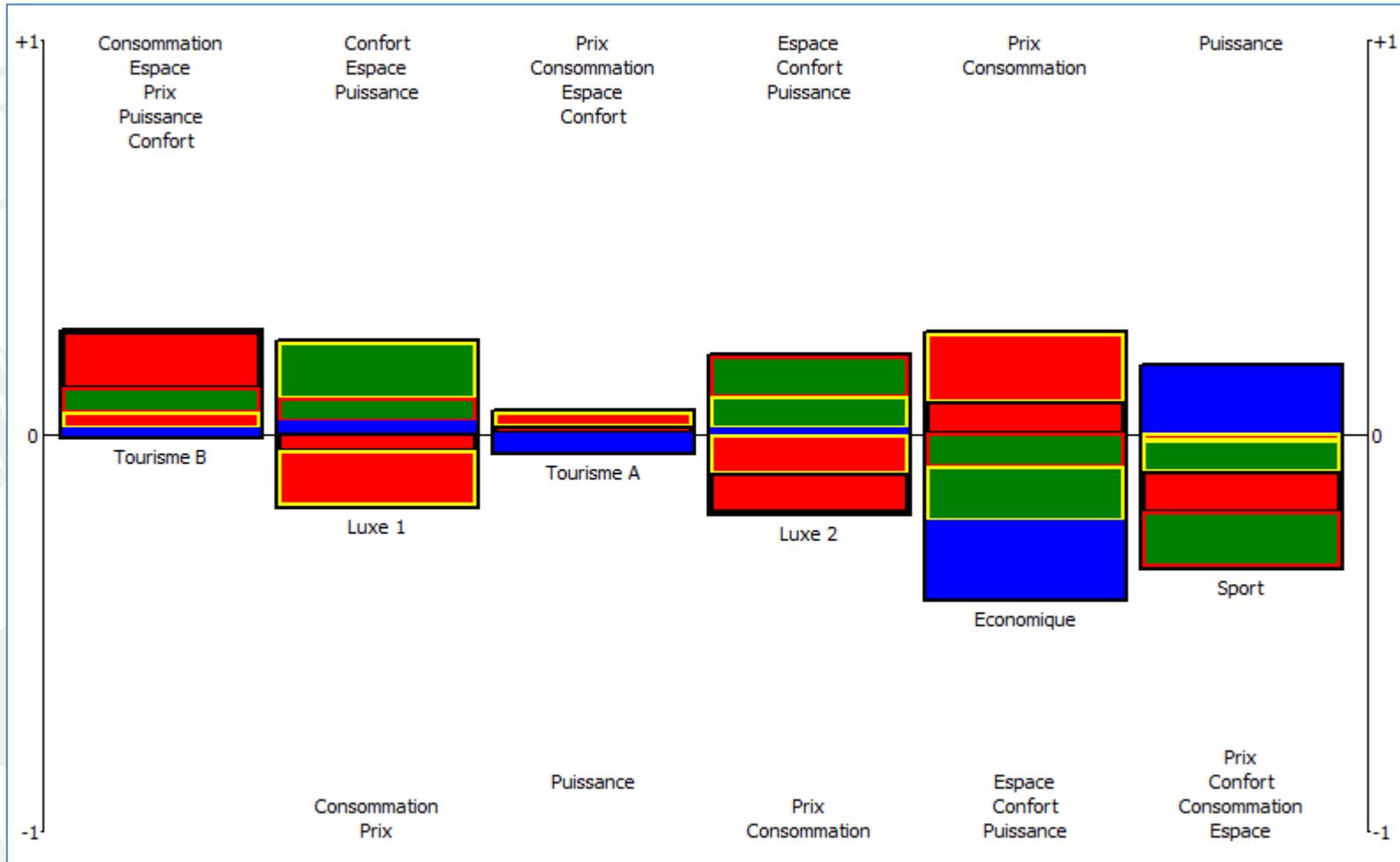


PROMETHEE II



Rang	Car	Phi	Phi+	Phi-
1	Tourisme B	0,2573	0,3573	0,1000
2	Luxe 1	0,0547	0,2760	0,2213
3	Tourisme A	0,0133	0,2060	0,1927
4	Luxe 2	-0,0013	0,2560	0,2573
5	Economique	-0,1573	0,2647	0,4220
6	Sport	-0,1667	0,2280	0,3947

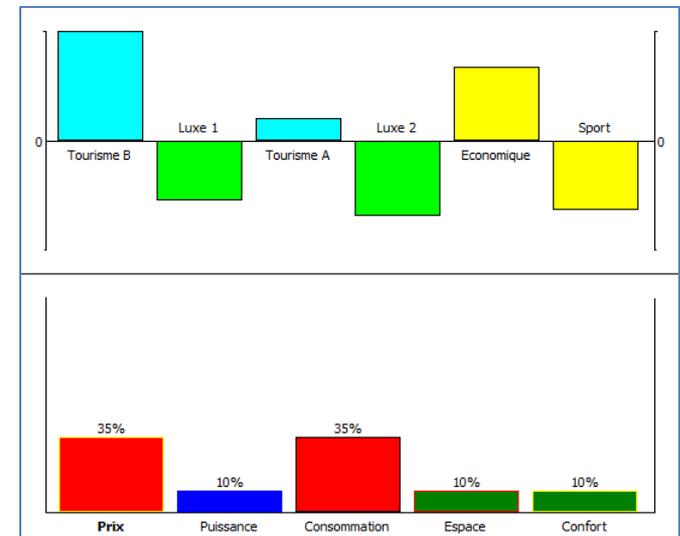
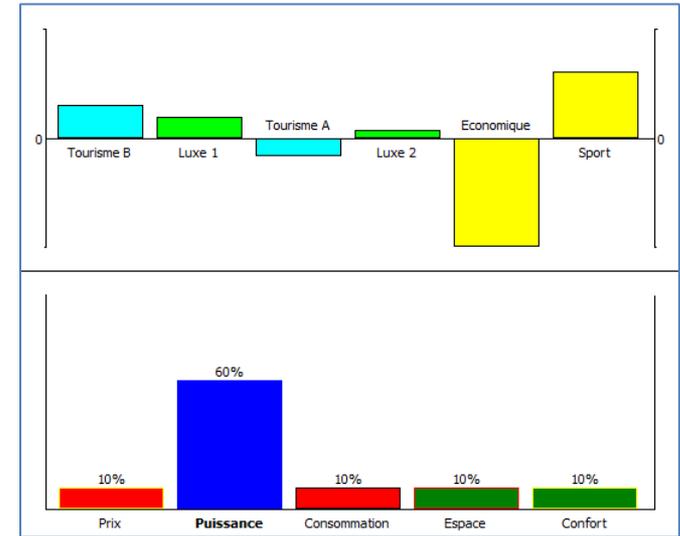
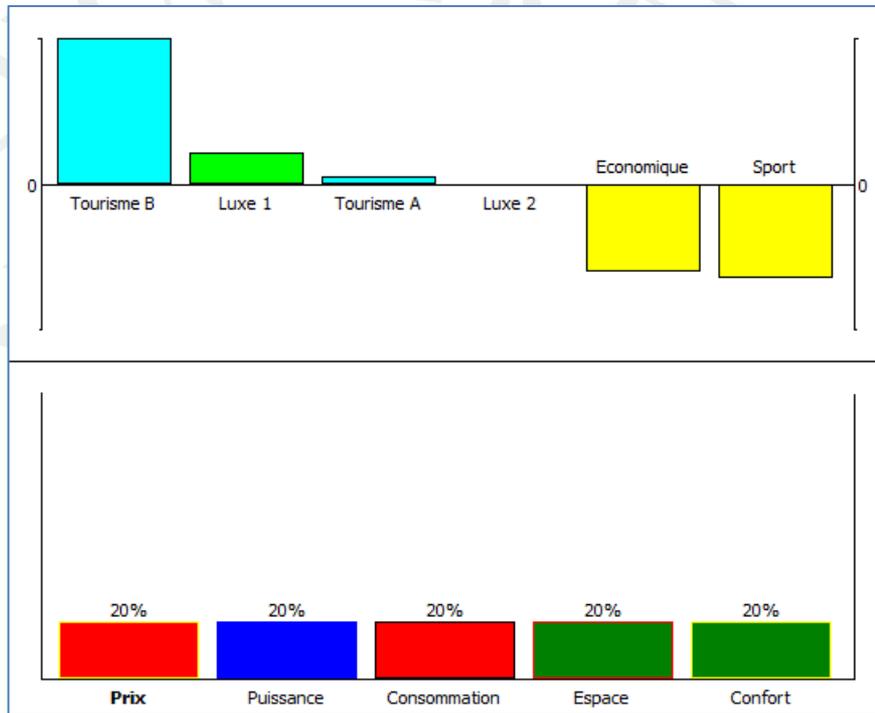
Arc-en-ciel PROMETHEE



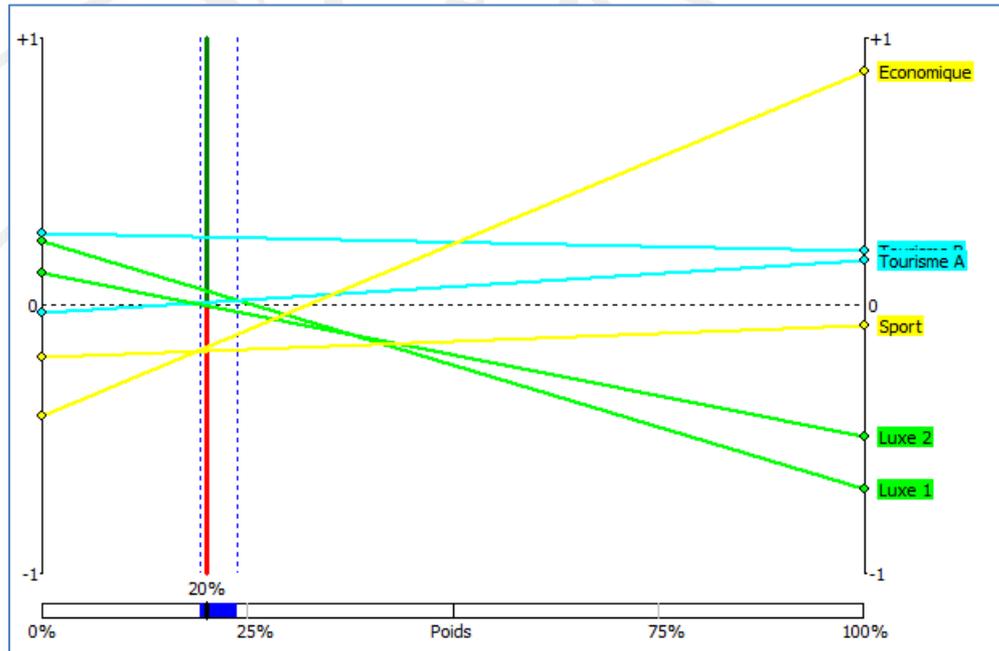
Analyse de sensibilité avec **PROMETHEE**

- Poids des critères \leftrightarrow Classement **PROMETHEE**
- Analyse de sensibilité interactive :
« Walking Weights »
- Robustesse par rapport à la pondération ?
 - Intervalles de stabilité
 - Analyse visuelle de stabilité

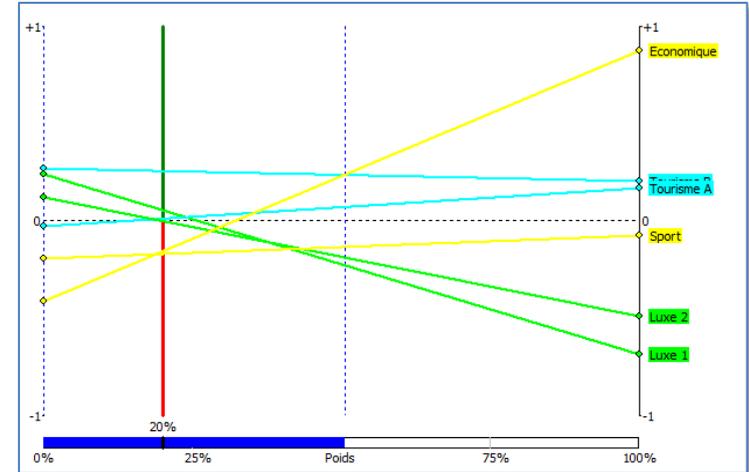
Walking Weights



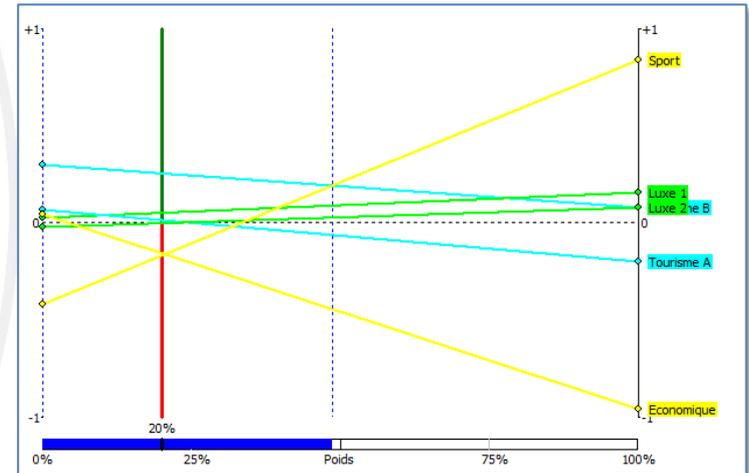
Analyse Visuelle de Stabilité



VSI pour « Prix » (niveau 6):
[19.20% , 23.70%]



VSI pour « Prix » (niveau 1): [0.00% , 50.68%]



VSI pour « Puissance » (niveau 1): [0.00% , 48.65%]

GAIA

- Analyse descriptive visuelle.
- Meilleure compréhension du problème :
 - Critères conflictuels
 - Profils des actions
 - Solutions (compromis) possibles
- Réduire la dimension multicritère :
 - Analyse en composantes principales des flux unicritères
 - Perdre le moins d'information possible

GAIA

- Découvrir les conflits entre les critères.
- Identifier les compromis potentiels
- Aider à définir les priorités.



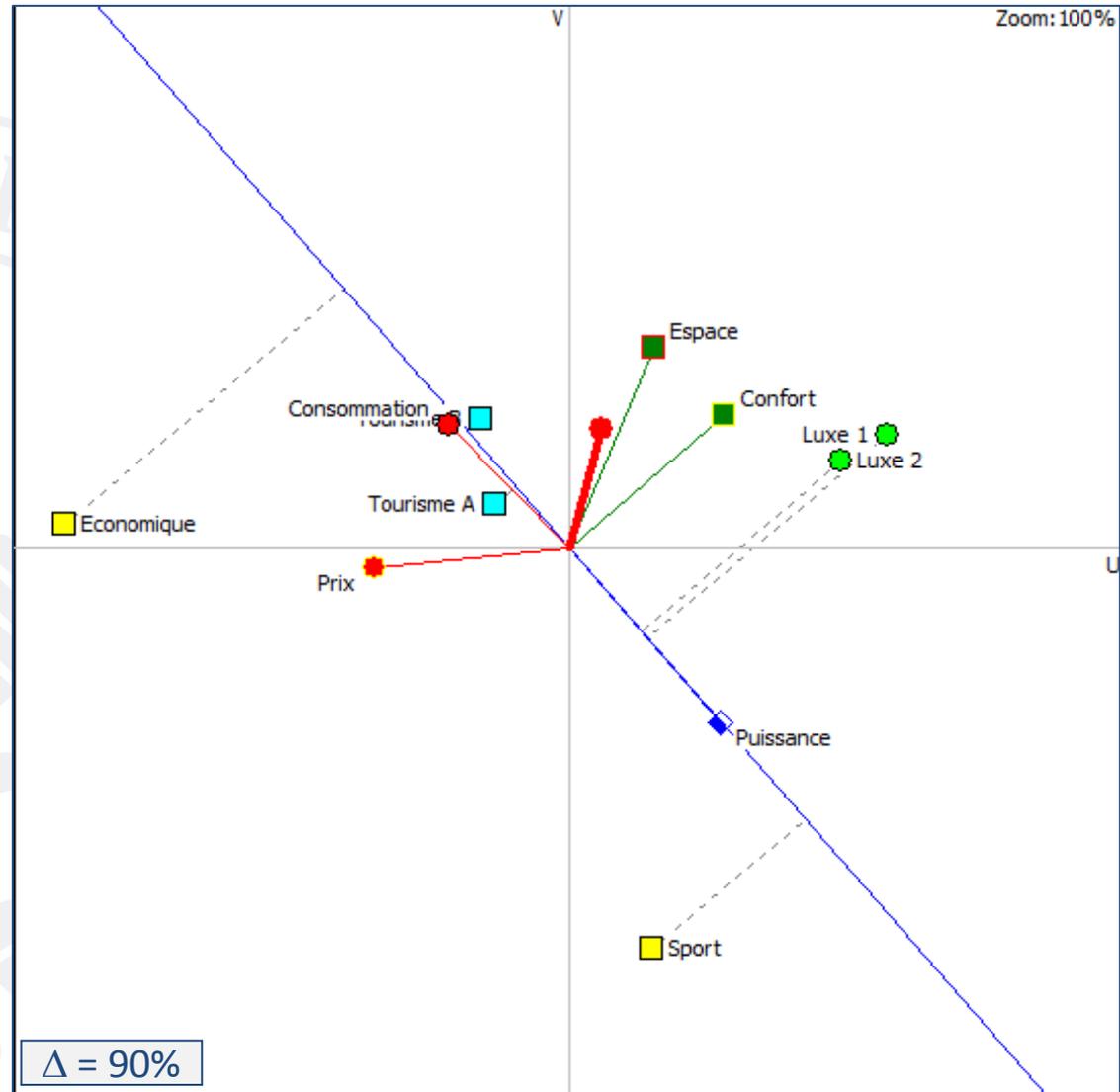
GAIA



Prix

- Economique : 15 k\$
- Tourisme : 25,5-26 k\$
- Sport : 29 k\$
- Luxe : 35-38 k\$

GAIA



Puissance

- Sport : 110 kW
- Luxe : 85-90 kW
- Tourisme : 75-85 kW
- Economique : 50 kW

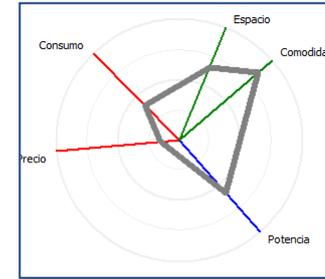
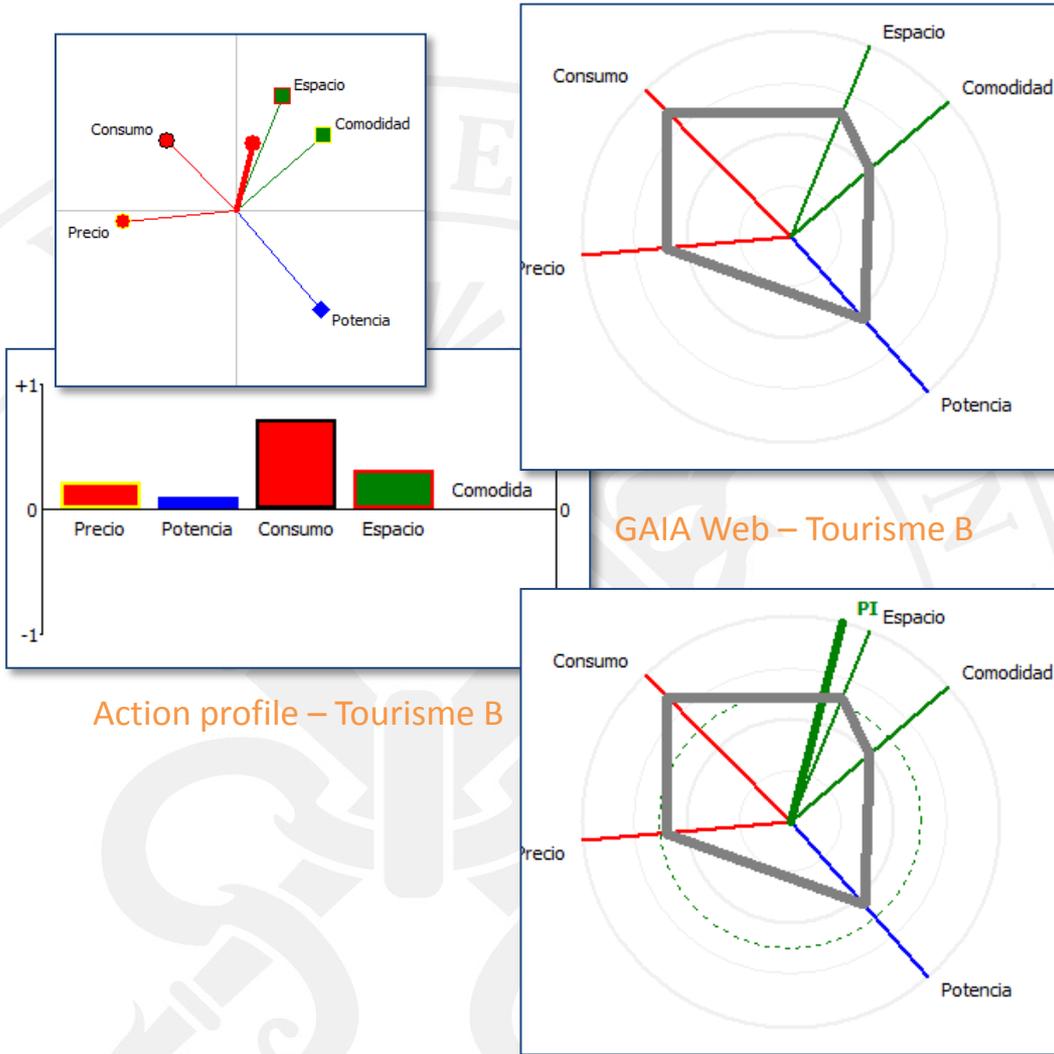
GAIA



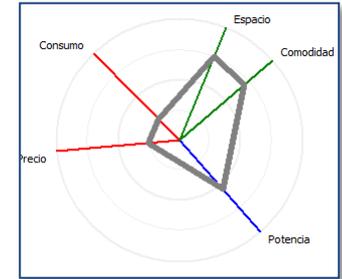
PROMETHEE II !

- Tourisme B : 0,26
- Luxe 1 : 0,06
- Tourisme A : 0,02
- Luxe 2 : 0,00
- Economique : -0,15
- Sport : -0,17

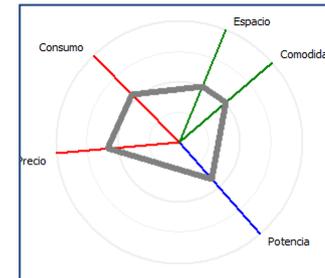
GAIA Webs



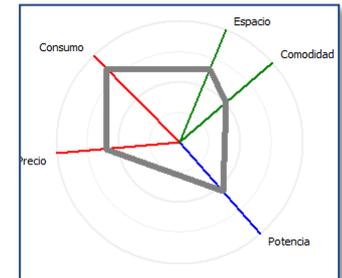
Luxe 1



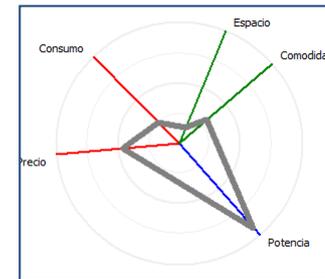
Luxe 2



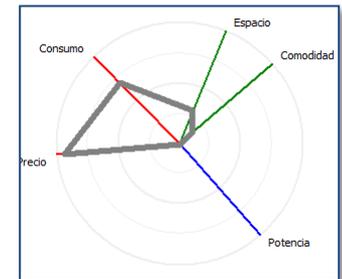
Tourisme A



Tourisme B



Sport



Economique

Un seul ou plusieurs décideurs ?

- Décideur unique :
 - Un seul acteur (décideur)
 - Un seul tableau multicritère et une seule structure de préférences
- Plusieurs décideurs :
 - Plusieurs acteurs (y compris le(s) décideur(s))
 - Plusieurs tableaux multicritères et structures de préférences
 - Recherche d'un consensus

Modèle multi-scénarios

- Scénarios :
 - Points de vue
 - Hypothèses, ...
- Evaluations :
 - Critères 'objectifs' : évaluations communes
 - Critères 'subjectifs' : évaluations spécifiques à chaque scénario
- Structures de préférence spécifiques :
 - Poids, seuils de préférence

Modèle multi-scénarios

- Adaptation de **PROMETHEE** :
 - Classements individuels
 - Classement global (groupe) prenant en compte une pondération éventuelle des scénarios
- Adaptation de **GAIA** :
 - Trois analyses distinctes :
 - **GAIA-Critères**
 - **GAIA-Scénarios**
 - **GAIA-Unicritère**

Exemple 2 :

Localisation d'une nouvelle usine

- Actions : 5 sites potentiels
- Critères :
 - g_1 : Coût (investissement)
 - g_2 : Coût (opérations)
 - g_3 : Emploi
 - g_4 : Transport (logistique)
 - g_5 : Impact environnemental
 - g_6 : Impact social

Exemple 2

- Quatre acteurs (“décideurs”):
 - Industriel (décideur),
 - Pouvoirs publics (politique),
 - Groupes environnementaux,
 - Syndicats (social).
- Quatre tableaux multicritères.

Scénario Industriel

Visual PROMETHEE Academic - TutorSites.vpg (saved)

	Investment	Operations	Employment	Transportation	Environ. Imp.	Social Imp.
Unit	M\$	M\$	workers	5-point	impact	impact
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences						
Min/Max	min	min	min	max	min	min
Weight	25,00	15,00	20,00	20,00	10,00	10,00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Level	Level	Level
Thresholds	percentage	percentage	percentage	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	0,05	0,05	0,05	0,5	0,5	0,5
- P: Preference	0,25	0,25	0,1	1,5	1,5	1,5
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics						
Evaluations						
Site 1	€ 74	€ 12	175	average	high	low
Site 2	€ 86	€ 9	170	good	low	very low
Site 3	€ 89	€ 7	145	very good	very low	moderate

Politique

Social

Visual PROMETHEE Academic - TutorSites.vpg (saved)

	Investment	Operations	Employment	Transportation	Environ. Imp.	Social Imp.
Unit	M\$	M\$	workers	5-point	impact	impact
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences						
Min/Max	min	min	max	max	min	min
Weight	20,00	10,00	25,00	15,00	10,00	30,00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Level	Level	Level
Thresholds	percentage	percentage	percentage	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	0,05	0,05	0,05	0,5	0,5	0,5
- P: Preference	0,25	0,25	0,1	1,5	1,5	1,5
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics						
Evaluations						
Site 1	€ 74	€ 12	250	average	high	low
Site 2	€ 86	€ 9	300	good	low	very low
Site 3	€ 89	€ 7	400	very good	very low	low
Site 4	€ 115	€ 8	600	bad	high	very high
Site 5	€ 128	€ 10	250	good	moderate	moderate

Environnemental

Visual PROMETHEE Academic - TutorSites.vpg (saved)

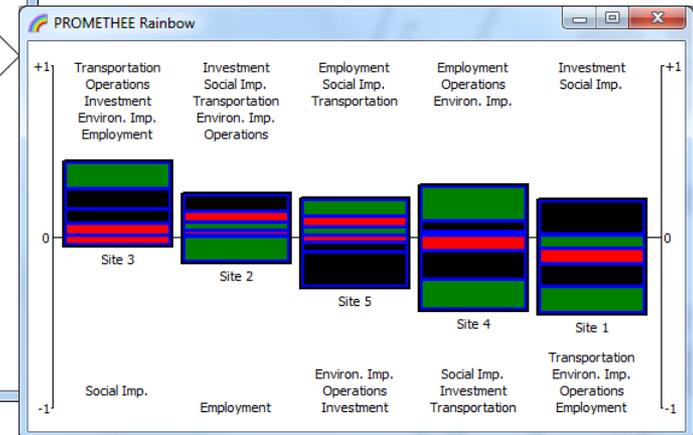
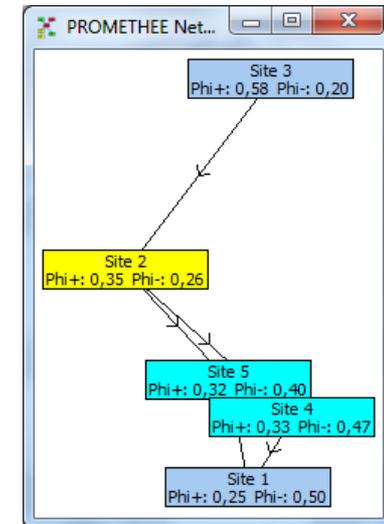
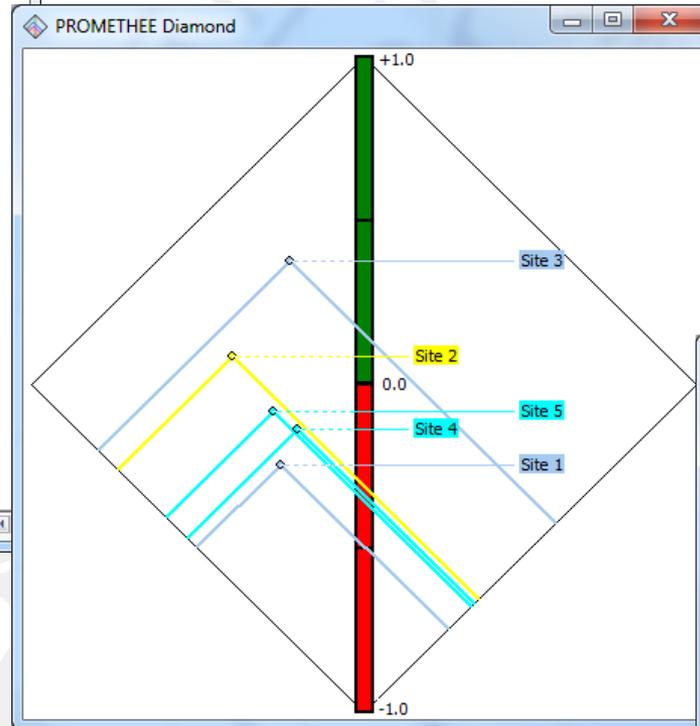
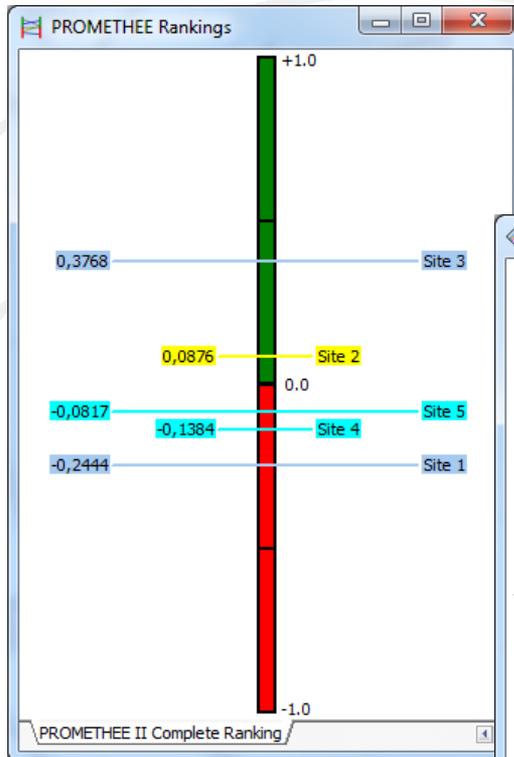
	Investment	Operations	Employment	Transportation	Environ. Imp.	Social Imp.
Unit	M\$	M\$	workers	5-point	impact	impact
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences						
Min/Max	min	min	min	max	min	min
Weight	10,00	10,00	20,00	10,00	30,00	20,00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Level	Level	Level
Thresholds	percentage	percentage	percentage	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	0,05	0,05	0,05	0,5	0,5	0,5
- P: Preference	0,25	0,25	0,1	1,5	1,5	1,5
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics						
Evaluations						
Site 1	€ 74	€ 12	250	average	very high	low
Site 2	€ 86	€ 9	300	good	very low	very low
Site 3	€ 89	€ 7	400	very good	moderate	very high
Site 4	€ 115	€ 8	600	bad	very high	very high
Site 5	€ 128	€ 10	250	good	moderate	moderate

Visual PROMETHEE Academic - TutorSites.vpg (saved)

	Investment	Operations	Employment	Transportation	Environ. Imp.	Social Imp.
Unit	M\$	M\$	workers	5-point	impact	impact
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences						
Min/Max	min	min	max	max	min	min
Weight	10,00	10,00	30,00	10,00	10,00	30,00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Level	Level	Level
Thresholds	percentage	percentage	percentage	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	0,05	0,05	0,05	0,5	0,5	0,5
- P: Preference	0,25	0,25	0,1	1,5	1,5	1,5
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics						
Evaluations						
Site 1	€ 74	€ 12	175	average	high	low
Site 2	€ 86	€ 9	170	good	low	very low
Site 3	€ 89	€ 7	145	very good	very low	low
Site 4	€ 115	€ 8	95	bad	high	very high
Site 5	€ 128	€ 10	110	good	moderate	very high

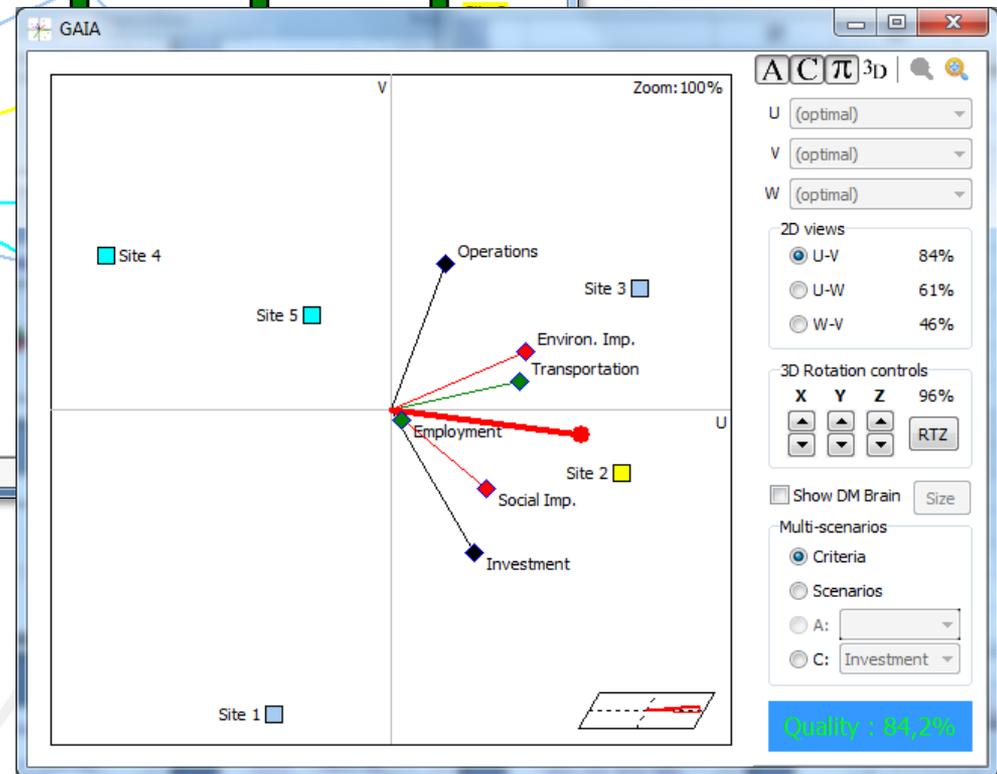
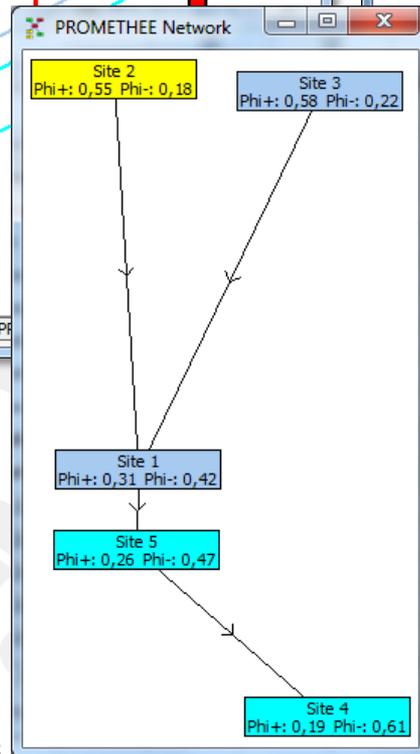
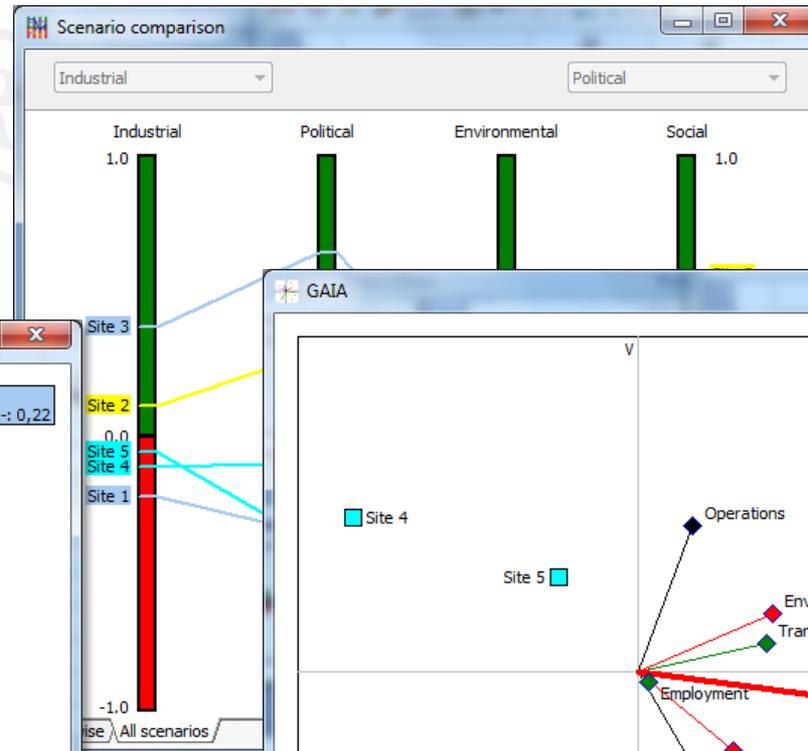
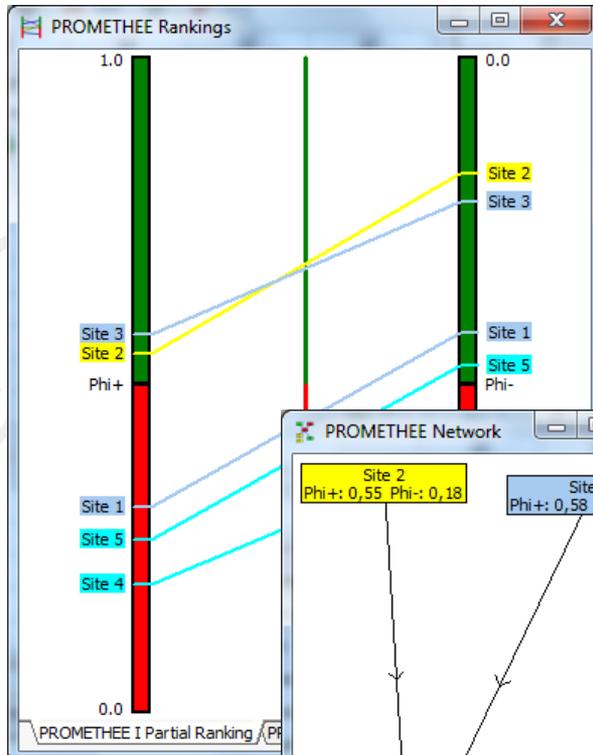
Classements PROMETHEE

Scénario Industriel

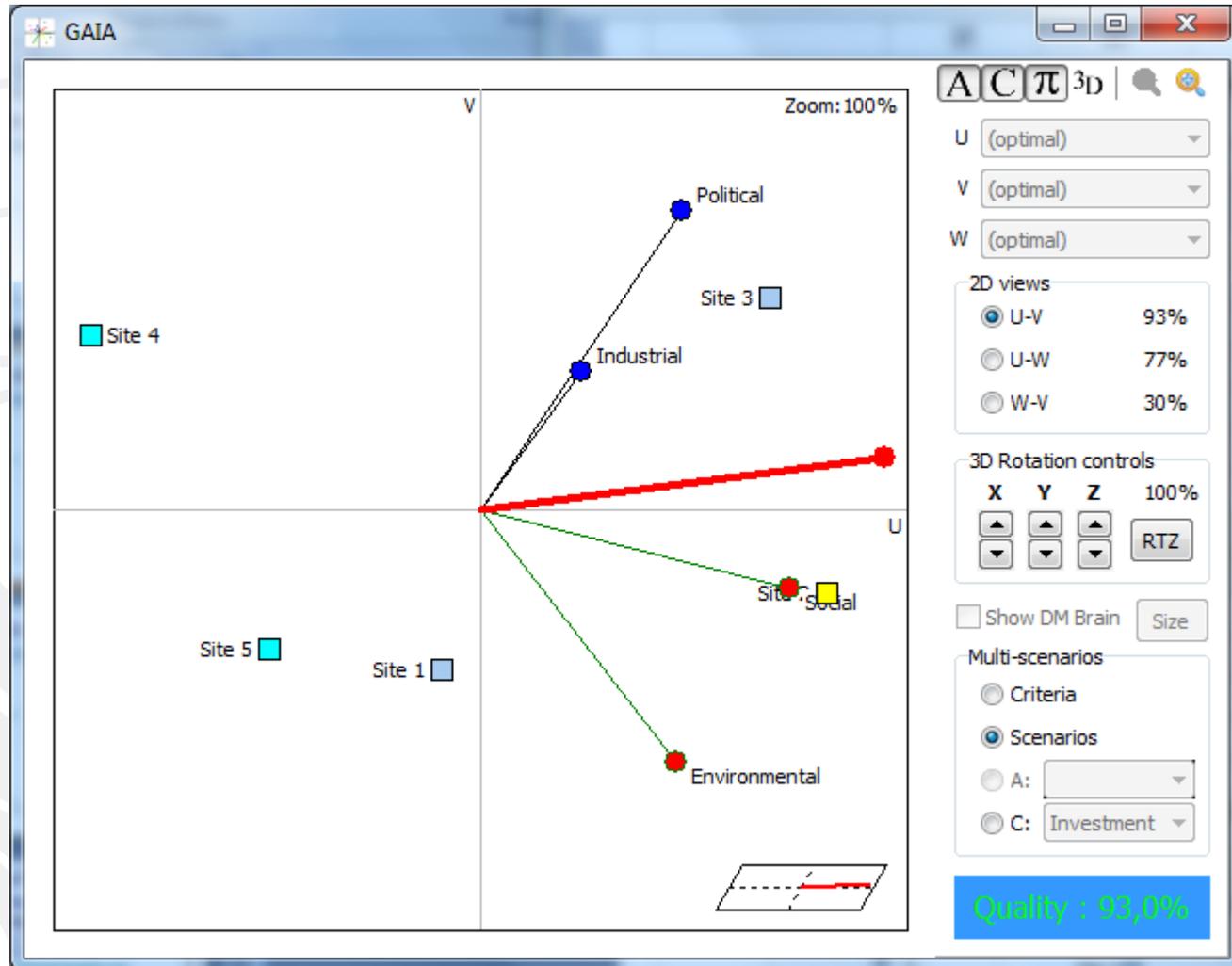


Classement de groupe

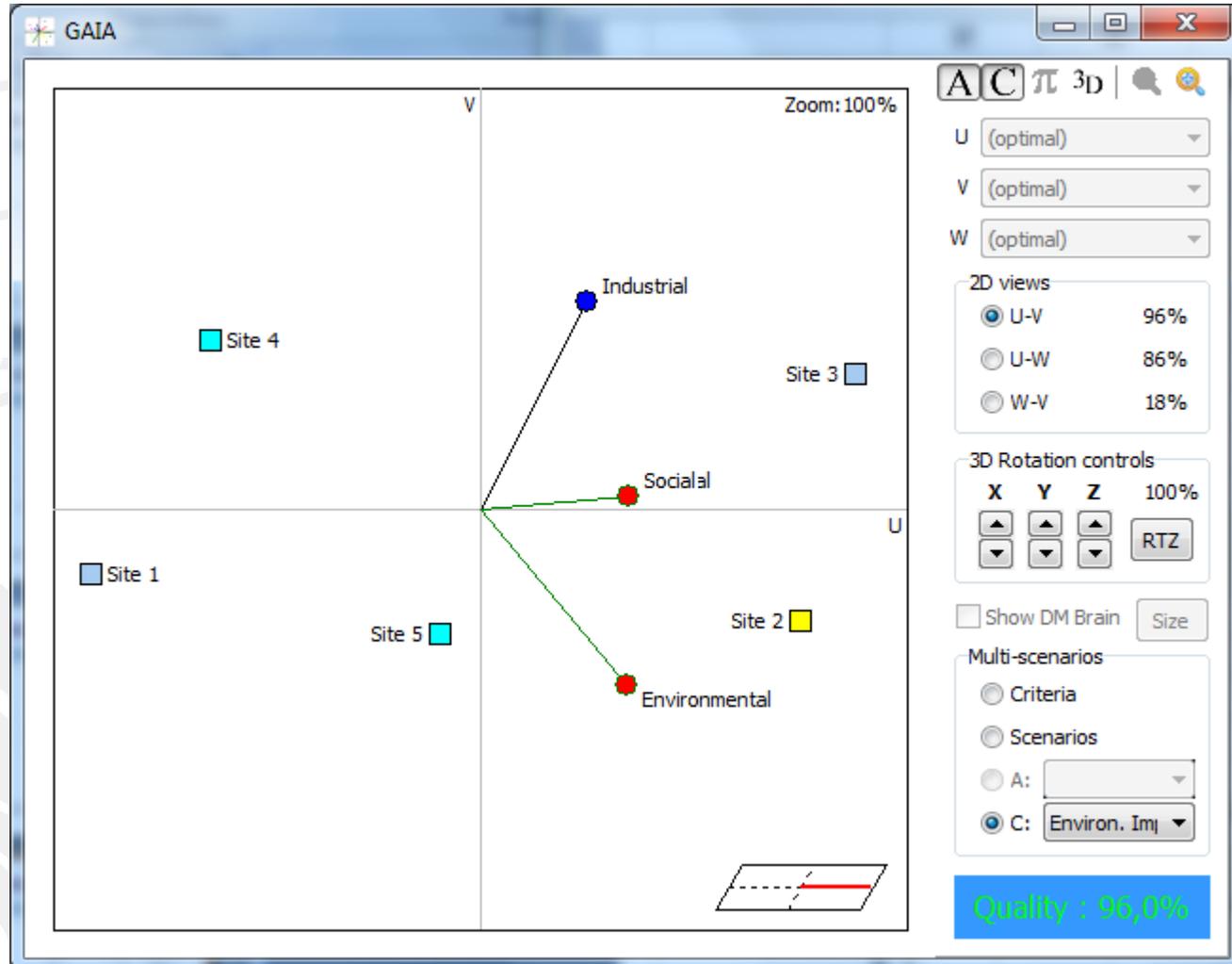
« Consensus »



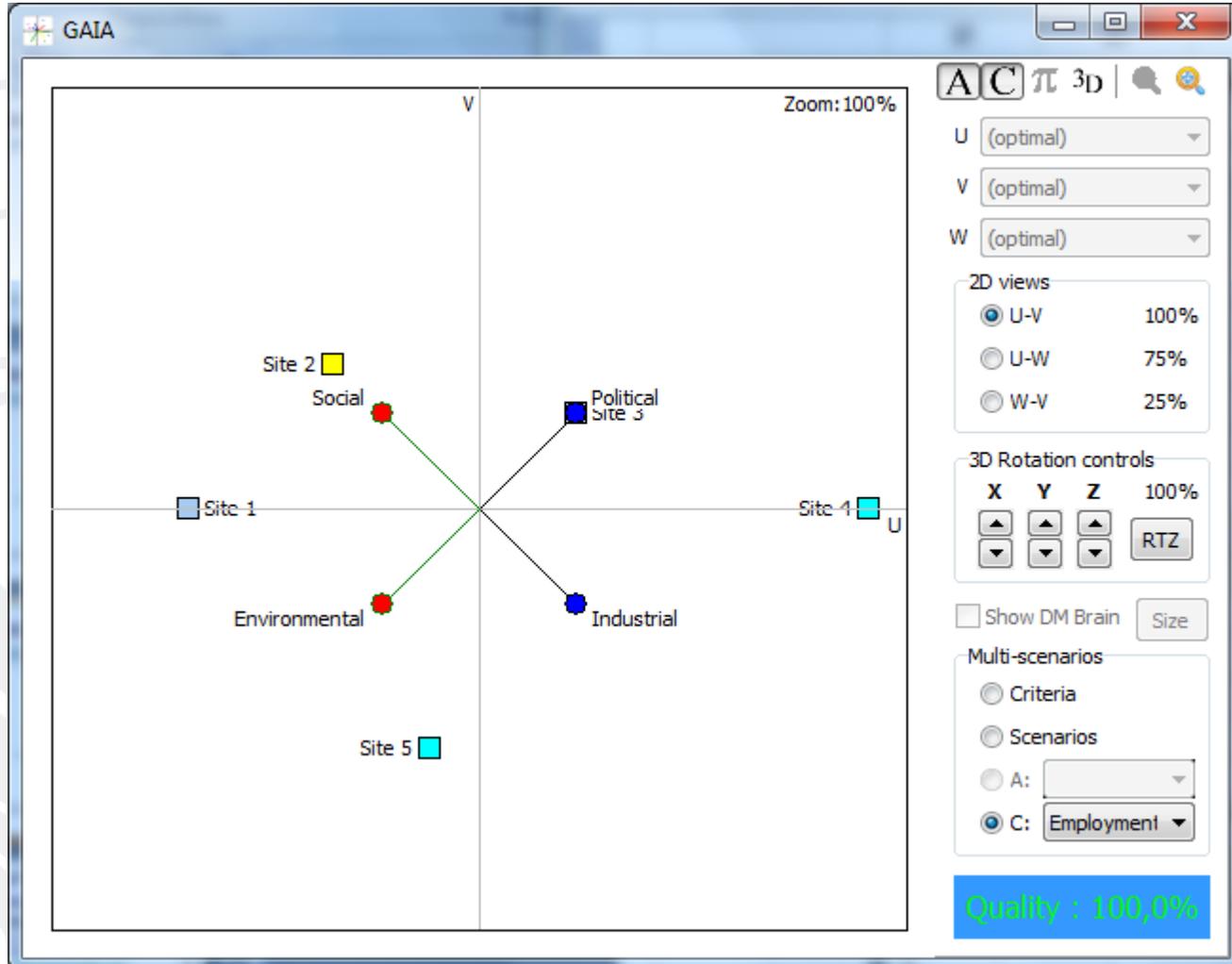
GDSS-GAIA : Scénarios



GDSS-GAIA : Unicritère



GDSS-GAIA : Unicritère



Visual PROMETHEE

WWW.PROMETHEE-GAIA.NET

- Logiciel **Visual PROMETHEE** :
 - Academic Edition
 - Business Edition
- <http://biblio.promethee-gaia.net> :
 - Plus de 550 références
- Manuel **Visual PROMETHEE** (PDF ou ebook)
- Services: Training, Coaching, Séminaires
- <http://blog.promethee-gaia.net>
- <http://faq.promethee-gaia.net>
- Groupe LinkedIn, Twitter, ...