

# Introduction

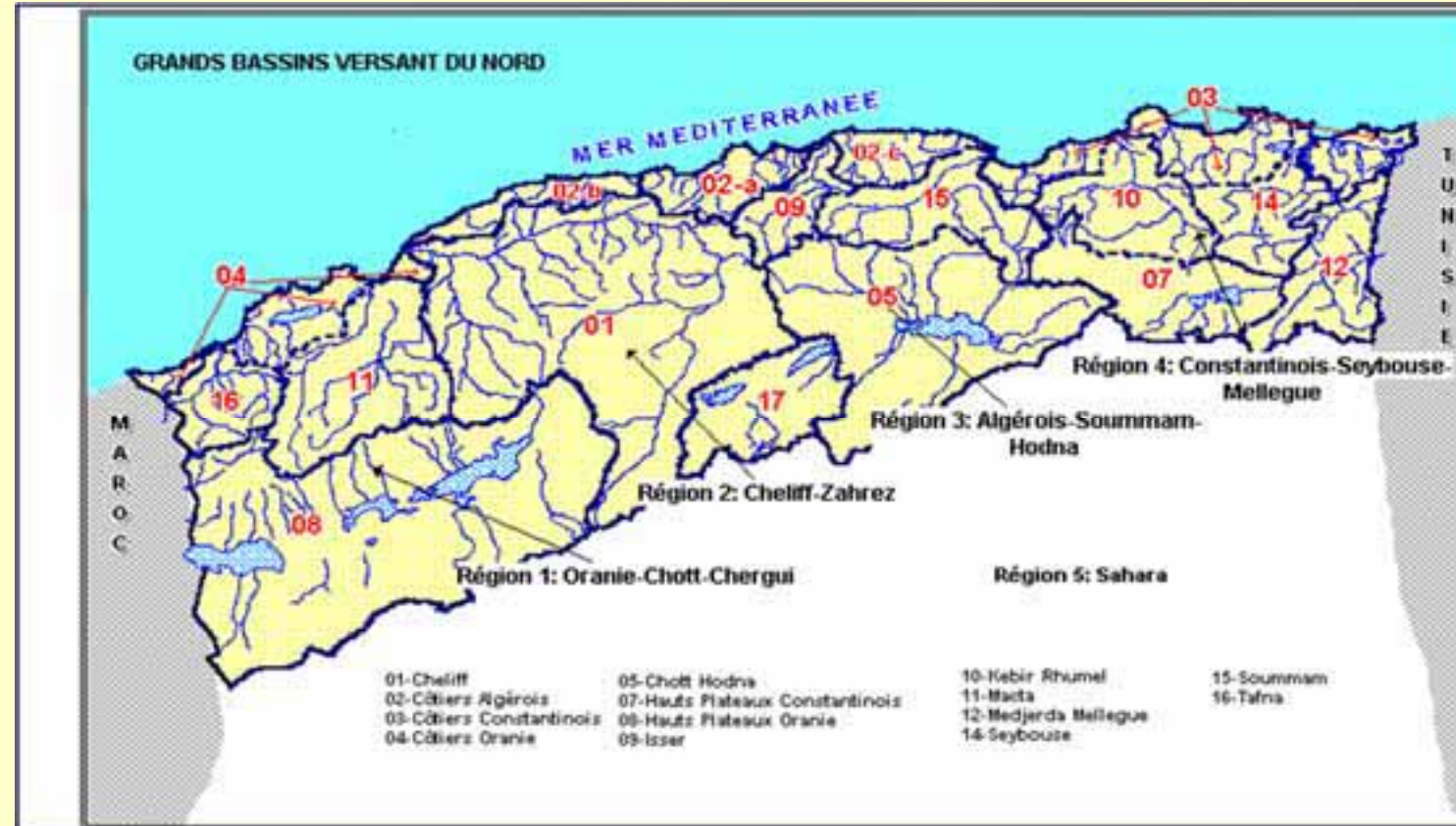
Généralités

Modèles Développés

Exploitation

Conclusion

# Introduction



L'Algérie, caractérisée par un climat semi-aride, est menacée par l'érosion des terres agricoles qui provoque l'augmentation du transport solide et l'envasement croissant des barrages. Les causes de cette érosion sont diverses: agricoles, écologiques et enfin hydroclimatiques.

## *Introduction*

*Généralités*

*Modèles Développés*

*Exploitation*

*Conclusion*

# Introduction



La dégradation du couvert végétal et des sols entraîne l'augmentation de la sensibilité de ces derniers à l'érosion, la dégradation des berges et du lit des rivières et, par conséquent, l'augmentation du transport solide.

## Introduction

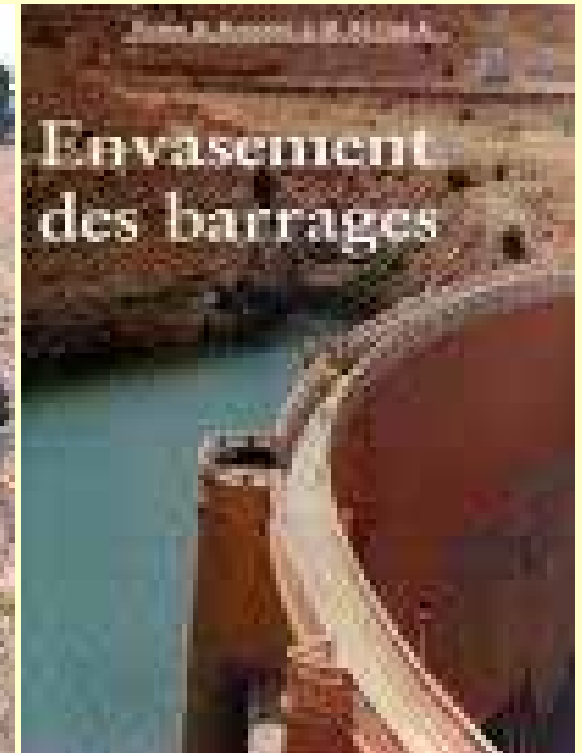
Généralités

Modèles Développés

Exploitation

Conclusion

# Introduction



L'impact de ce phénomène, au niveau d'un bassin versant, est donc néfaste sur l'environnement, que se soit en amont, par la dégradation des sols arables, ou en aval, par le phénomène d'envasement des barrages passant par le sapement des berges au niveau des cours d'eaux.

# Introduction

Généralités

Modèles Développés

Exploitation

Conclusion

# Introduction



Ce travail a pour objectif d'apporter une contribution effective pour la modélisation du transport solide, par la recherche d'une relation débit solide débit liquide, afin de prévoir les taux de sédiment de l'oued, et par conséquent l'envasement des barrages en aval.

# Introduction

Généralités

Modèles Développés

Exploitation

Conclusion

# Introduction

Débit Liquide Ql(l/s)	Concentration C(g/l)
24	9
26	9
20	9
19	6
27	x
7	6
6	6
6	4
5	x
5	1
4	1
4	x
6	1
5	3
8	x
16	9

Modele de Regression  
 **$C = a \cdot Q_L^b$**

Modèle NeuroFlou  
**Architecture neuronale avec une classification flou**

Débit Liquide Ql(l/s)	Concentration C(g/l)
24	9
26	9
20	9
19	6
27	9.5
7	6
6	6
6	4
5	5
5	1
4	1
4	3
6	1
5	3
8	7
16	9

La première approche est un modèle empirique de régression déduit du rapport entre l'écoulement observé et les valeurs de la concentration des matières en suspension. La deuxième étant basée sur la logique floue.

# Introduction

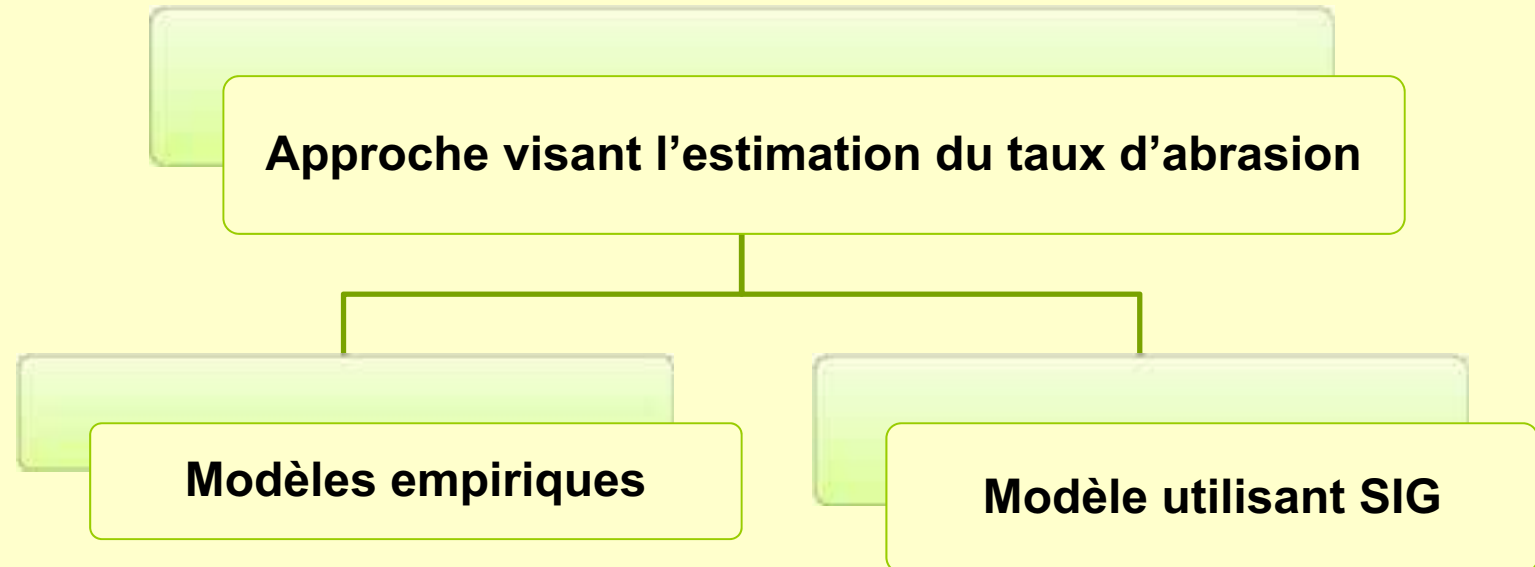
## Généralités

### Modèles Développés

### Exploitation

### Conclusion

# Généralités



Cette dichotomie des objectifs de chaque utilisateur (agronome, hydrologue) a fait surgir deux approches distinctes: une approche visant l'estimation du taux d'abrasion des sols, la deuxième : se consacre à l'estimation de la charge sédimentaire.

# Introduction

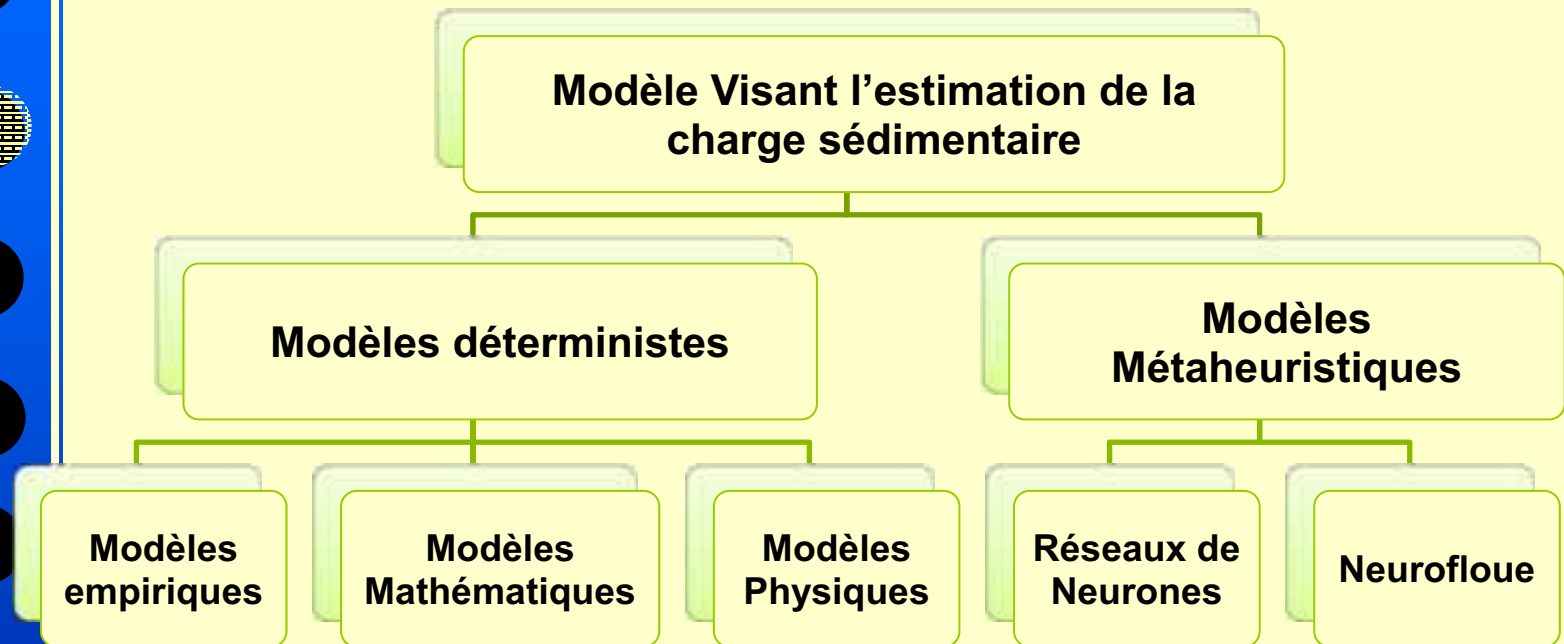
## Généralités

### Modèles Développés

### Exploitation

### Conclusion

# Généralités



Deuxième Approche : se consacre à l'estimation de la charge sédimentaire.

*Introduction*

*Généralités*

*Modèles Développés*

*Exploitation*

*Conclusion*

# Modèles développés

Les modèles débit liquide/débit solide sont utilisés pour décrire le comportement hydrologique d'un bassin versant. De nombreux modèles existent pour simuler les processus physiques déterminant la quantité de matières en suspension résultant d'un débit liquide.



## Introduction

## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

# Modèles empiriques

Modèle de régression ( $Q_s = aQ_1^b$ )

Il existe plusieurs formes de modèles classiques de régression (Régression linéaire, polynomiale, logarithmique, exponentielle et régression en puissance). Ces modèles montrent l'orientation commune de la série de couples débit liquide - débit solide. La tendance obtenue peut être exprimée mathématiquement sous forme d'équation (formule empirique).

# Introduction

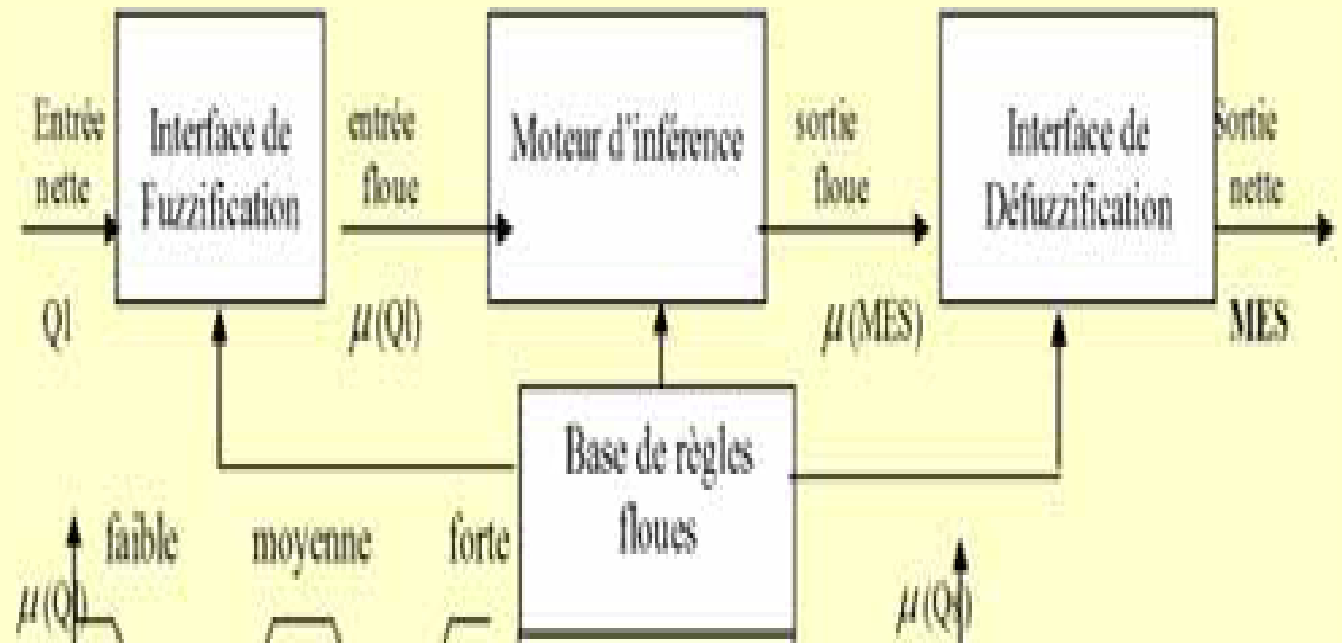
## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

# Modèles Neuroflous



Caractérisé par un système en boucle ouverte composée d'un débit liquide qui représente l'entrée d'un système d'inférence basé sur l'apprentissage neuroflou du type ANFIS permettant de produire une sortie qui représenté le débit solide.

# Introduction

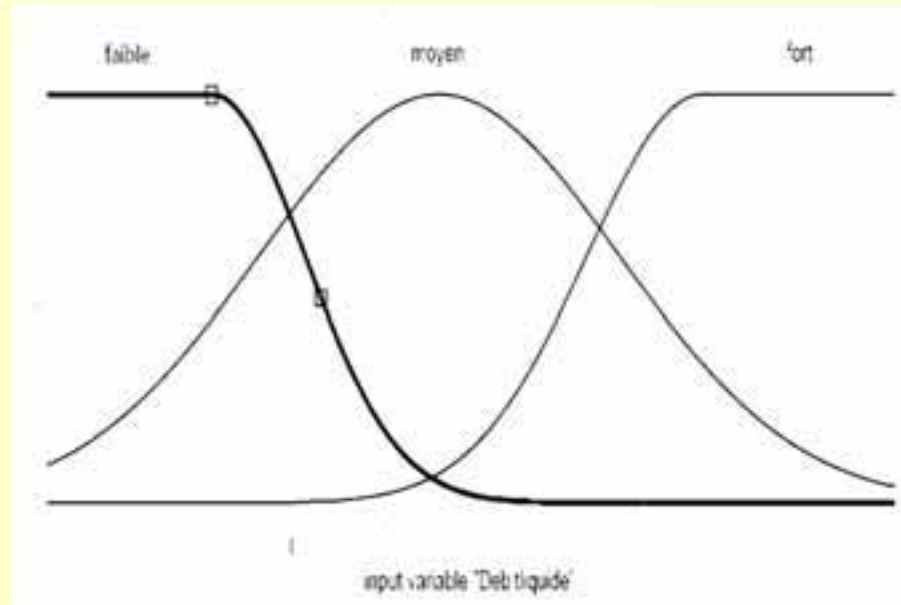
## Généralités

## Modeles Développés

## Exploitation

## Conclusion

# Modèles neuroflous



Ce schéma représente une fonction de répartition (débit liquide) composée de trois variables linguistiques (Faible, moyen et Fort) avec une variation de type « Gauss ». Le suivant illustre le réseau de neurone établi à partir de trois règles floues.

# Introduction

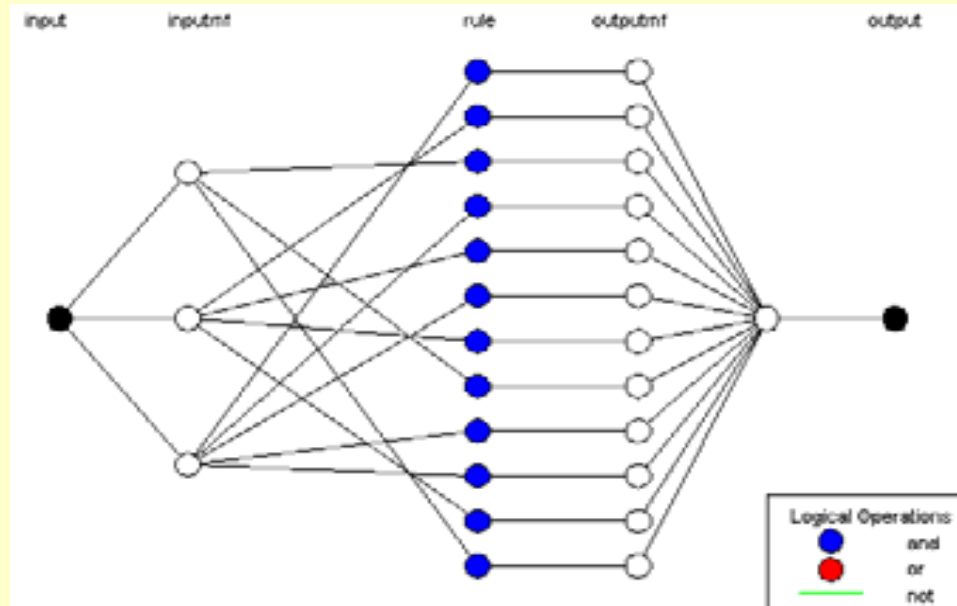
## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

# Modèles neuroflous



Ce schéma représente une fonction de répartition (débit liquide) composée de trois variables linguistiques (Faible, moyen et Fort) avec une variation de type « Gauss ». Le suivant illustre le réseau de neurone établi à partir de trois règles floues.

## Introduction

## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

# Modèles neuroflous

Exemple de règles floue

**Si** (débit liquide est fort) **alors** (débit solide est fort) **0.9**

**Si** (débit liquide est faible) **alors** (débit solide est faible) **0.9**

**Si** (débit liquide est fort) **alors** (débit solide est fort) **1**

Ce schéma représente une fonction de répartition (débit liquide) composée de trois variables linguistiques (Faible, moyen et Fort) avec une variation de type « Gauss ». Le suivant illustre le réseau de neurone établi à partir de trois règles floues.

# Introduction

## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

# Apprentissage mensuel

Ans	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Ans
1988	5,66	3,21	2,90	7,38	1,89	0,46	0,17	0,69	1,93	0,98	0,44	32,24	4,83
1989	2,13	0,52	1,28	1,20	7,80	0,87	6,83	0,65	0,02	0,92	0,99	0,28	1,96
1990	5,48	17,01	13,61	6,99	2,22	1,30	0,01	0,05	0,54	4,82	0,23	7,60	4,99
1991	21,09	3,32	4,79	32,47	15,38	2,40	0,23	0,04	0,50	0,58	9,17	0,33	7,53
1992	6,28	3,62	4,21	1,93	2,75	0,09	0,03	0,01	1,73	0,35	0,27	5,76	2,25
1993	13,01	3,62	4,21	1,93	2,75	0,09	0,03	0,01	1,73	0,35	0,27	5,76	2,81
1994	75,11	8,12	30,38	5,32	1,44	1,65	0,03	0,15	0,02	2,01	0,55	3,28	10,67
1995	3,21	28,43	10,86	11,57	10,75	3,84	1,63	0,09	0,58	0,15	0,14	0,76	6,00
1996	0,93	0,81	0,14	1,40	0,24	0,01	0,01	1,96	13,66	3,15	9,98	0,62	2,74

La simulation pour une période d'observation annuelle permet de mieux comprendre la complexité de simuler le phénomène de transport solide, tenant compte la variabilité temporaire des paramètres hydroclimatiques.

## Introduction

## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

# Exploitation

$$Nash = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n_{obs}} (Y_{i \text{ mod}} - Y_{i \text{ obs}})^2}{\sum_{i=1}^{n_{obs}} (Y_{i \text{ mod}} - \bar{Y}_{obs})^2}$$

Dans toute modélisation, il est indispensable de passer par la validation des résultats simulés par rapport aux données observées. Nous avons adopté trois critères de validité: critère de Nash (%), Erreur sur le bilan (%), et Coefficient de corrélation R(%)

## Introduction

## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

# Exploitation

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{n_{obs}} (Y_{i_{obs}} - Y_{i_{mod}})}{\sum_{i=1}^{n_{obs}} (Y_{i_{obs}})}$$

Dans toute modélisation, il est indispensable de passer par la validation des résultats simulés par rapport aux données observées. Nous avons adopté trois critères de validité: critère de Nash (%), Erreur sur le bilan (%), et Coefficient de corrélation R(%)



## Introduction

## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

# Exploitation

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n ((Y_{iobs} - \bar{Y}_{obs}) \times (Y_{imod} - \bar{Y}_{mod}))^2}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_{iobs} - \bar{Y}_{obs})^2 \times \sum_{i=1}^n (Y_{imod} - \bar{Y}_{mod})^2}}$$

Dans toute modélisation, il est indispensable de passer par la validation des résultats simulés par rapport aux données observées. Nous avons adopté trois critères de validité: critère de Nash (%), Erreur sur le bilan (%), et Coefficient de corrélation R(%)

*Introduction*

*Généralités*

*Modèles Développés*

*Exploitation*

*Conclusion*

# Exploitation

pour la validation des performances du modèle flou par rapport au modèle empirique, nous l'avons testé sur des échantillons présentant une variance élevée au pas de temps journalier. Soit: une période d'observation mensuelle et une autre annuelle.

# Introduction

## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

# Exploitation



**Station de référence:** Lakhdaria (090501)  
**Mois considéré:** Jan, fév, Mars et mai 1987.

## *Durée d'observation mensuelle au pas de temps journalier*

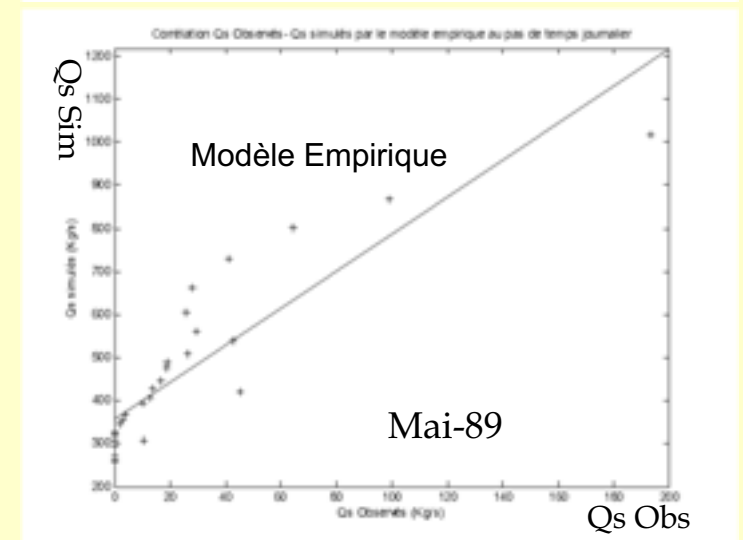
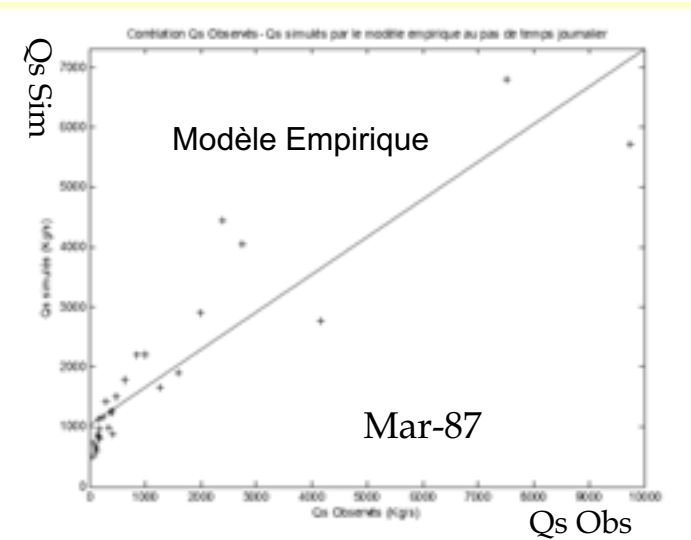
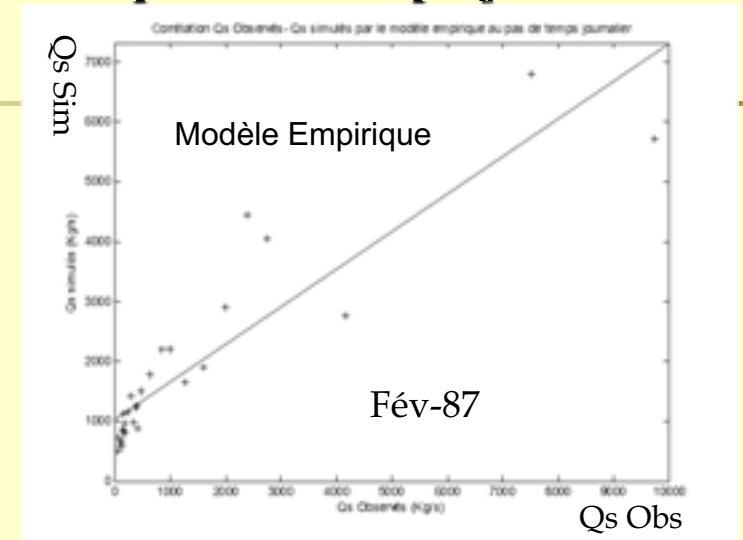
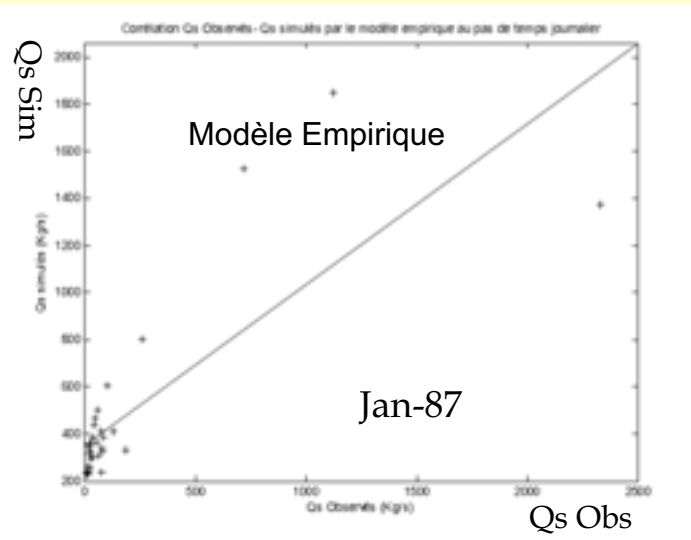
*Introduction*

*Généralités*

*Modèles Développés*

*Exploitation*

*Conclusion*



La comparaison entre les Droites de corrélation,  $Q_s \text{ sim}-Q_s \text{ obs}$ , Obtenues par les deux modèles (empirique flou) pour les quatre épisode

# Introduction

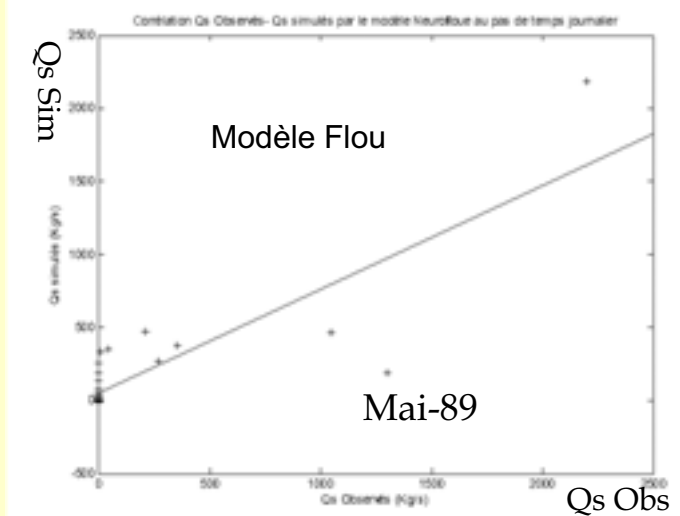
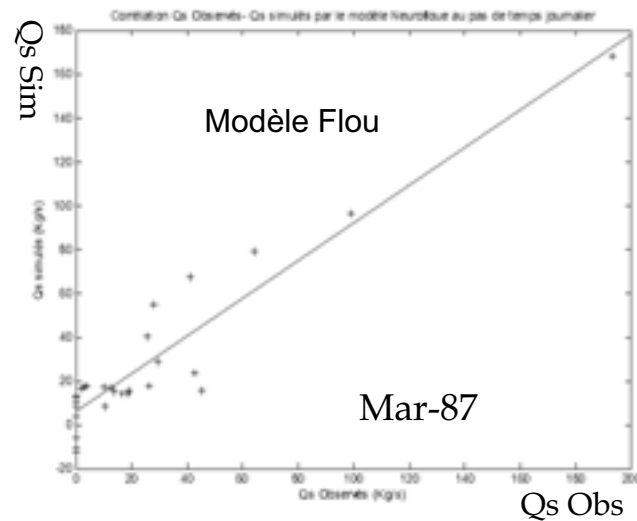
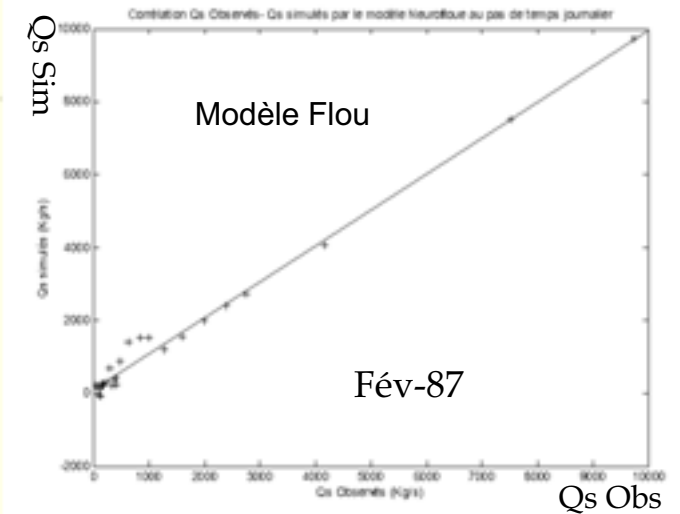
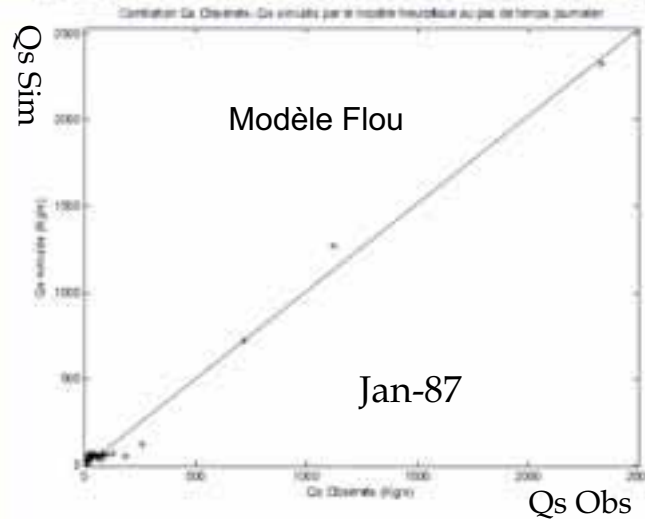
# Généralités

# Modèles Développés

# Exploitation

# Conclusion

## *Durée d'observation mensuelle au pas de temps journalier*



Montre une nette amélioration des résultats de simulation obtenus par le modèle flou, comparé à ceux obtenus par le modèle empirique

# Introduction

## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

### *Durée d'observation mensuelle au pas de temps journalier*

Modèle			Période de calage			
			Empirique		Flou	
Épisodes	Date	Durée (j)	Nash (%)	E (%)	Nash (%)	E (%)
Épisode 5	Jan-87	31	-95.92	166	71.79	0.37
Épisode 6	Fév-87	28	-5.64	0.235	97.30	9.84
Épisode 7	Mar-87	31	-211.9	208	93.92	0.73
Épisode 8	Mai-89	31	-473.52	354	89.17	3.5E-4

Le modèle flou, a donné des résultats très performants. En effet, en période de calage, le critère de Nash est souvent supérieur à 90 %, l'erreur sur le bilan ne dépasse pas 9,8%.

# Introduction

## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

### *Durée d'observation mensuelle au pas de temps journalier*

Modèle			Période de validation					
			Empirique			Flou		
Épisodes	Date	Durée (j)	Nash (%)	E (%)	R (%)	Nash (%)	E (%)	R (%)
Épisode 5	Jan-87	31	21.84	155	80.31	98.76	0.7	99.42
Épisode 6	Fév-87	28	72.08	39.49	90.67	98.67	7.13	99.43
Épisode 7	Mar-87	31	-1428	1839	88.42	87.17	12.1	93.69
Épisode 8	Mai-89	31	7.71	34.44	63.98	71.47	0.002	84.55

#### En période de validation:

- $87 < \text{Nash} < 98\%$  en périodes humides.
- Err faible  $< 12\%$ .
- $R > 93\%$ .

# Durée d'observation mensuelle au pas de temps journalier

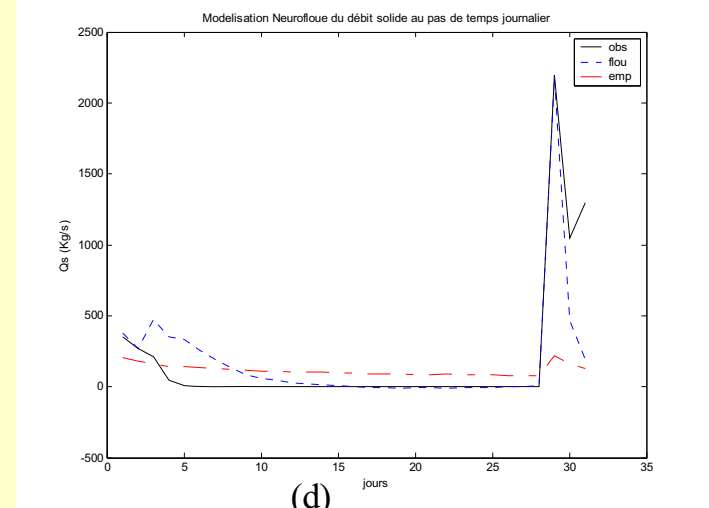
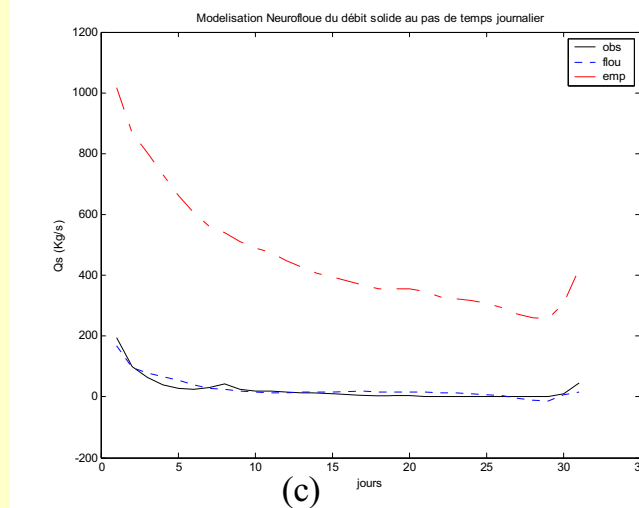
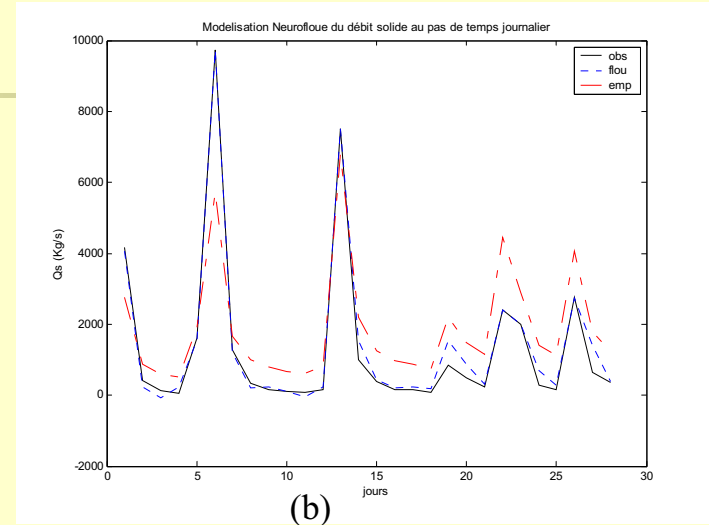
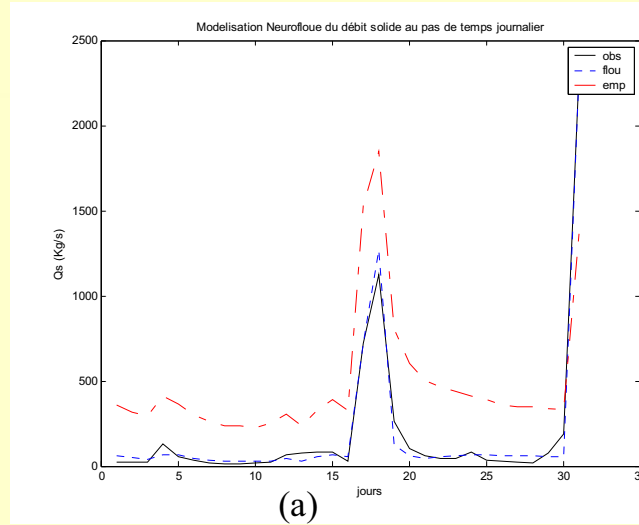
Introduction

Généralités

Modèles Développés

Exploitation

Conclusion



Les courbes de variation du débit solide au pas de temps journalier, pour les quatre épisodes, montrent davantage la supériorité du modèle flou sur le modèle empirique, en particulier lors des événements hydrologiques.



# Introduction

## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

### *Durée d'observation annuelle au pas de temps journalier*



Observation Annuelle:  
station de reference: Lakhdaria(090501).  
La période de validation: 1974 et 1975.

# Introduction

## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

### *Durée d'observation annuelle au pas de temps journalier*

		Période de calage			
		Empirique		Flou Annuel	
Modèle		Nash(%)	E(%)	Nash(%)	E(%)
1974	365	36.59	9	43.67	2.36
1975	365	36.59	9	43.94	1.51

Nash (%)	Err(%)	Rmoy(%)
80	16	87

Le modèle flou\_mensuel donné des résultats améliorés comparés aux deux autres modèles.

# Introduction

## Généralités

## Modèles Développés

## Exploitation

## Conclusion

### *Durée d'observation annuelle au pas de temps journalier*

			Période de validation								
			Empirique			Flou Annuel			Flou Mensuel		
Modèle			Nash (%)	E (%)	R (%)	Nash (%)	E (%)	R (%)	Nash (%)	E (%)	R (%)
Épisode 9	1974	365	39.86	18.5	63.34	63.5	29.05	66.85	94,56	3,83	87.09
Épisode 10	1975	365	65.01	42.41	84.99	70.7	35.79	85.34	74.68	29.9	87.27

Nash (%)	Err(%)	Rmoy(%)
80	16	87

Le modèle flou\_mensuel donné des résultats améliorés comparés aux deux autres modèles.

## *Durée d'observation Annuelle au pas de temps journalier*

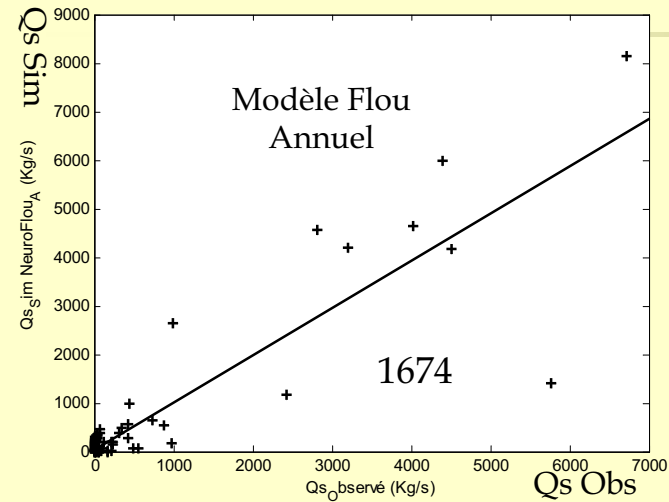
*Introduction*

*Généralités*

*Modèles Développés*

*Exploitation*

*Conclusion*



La comparaison des droites de corrélation, Obtenues par les deux modèles (flou annuel, flou mensuel),

# Durée d'observation Annuelle au pas de temps journalier

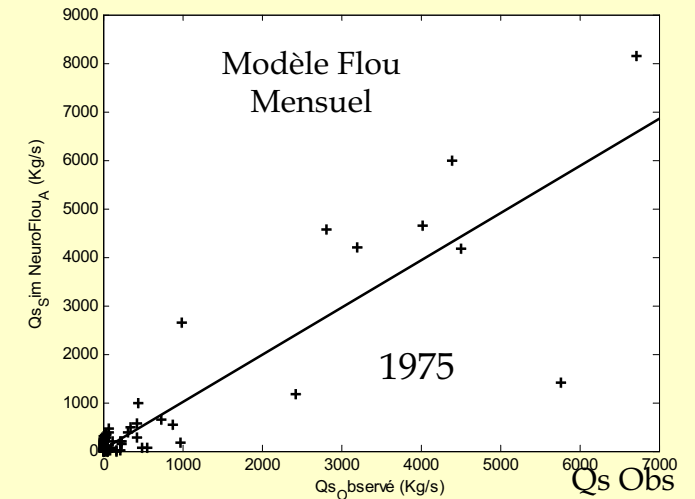
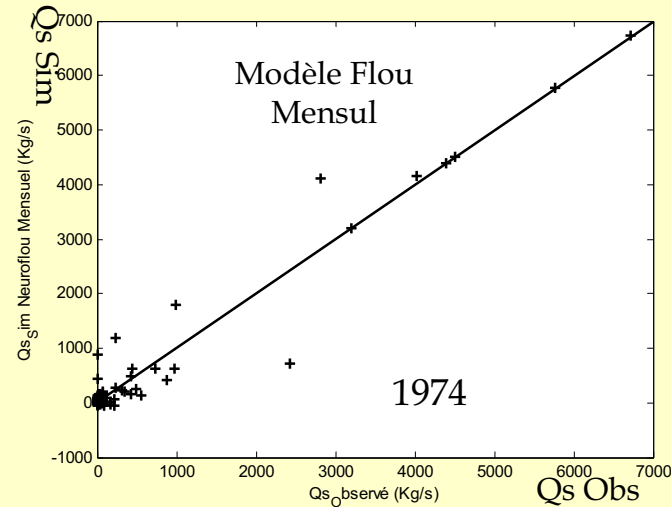
Introduction

Généralités

Modèles Développés

Exploitation

Conclusion



La comparaison des droites de corrélation, Obtenues par les deux modèles (flou annuel, flou mensuel),

# Durée d'observation Annuelle au pas de temps journalier

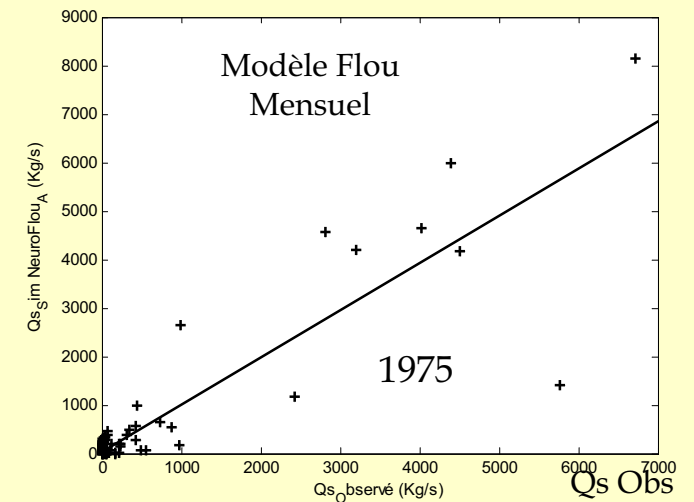
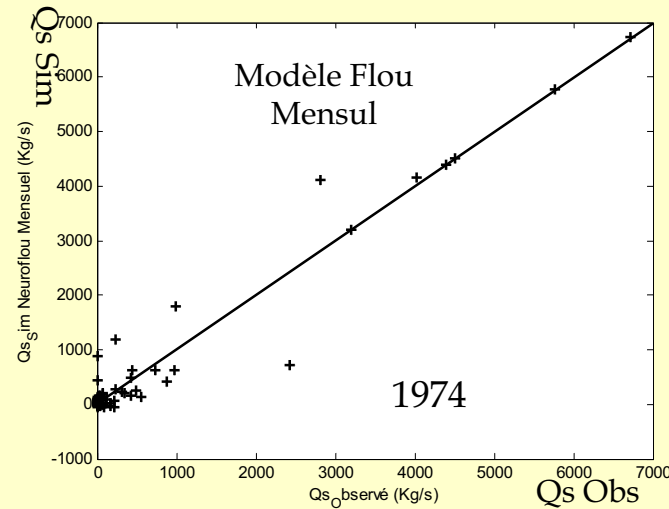
Introduction

Généralités

Modèles Développés

Exploitation

Conclusion



La comparaison des droites de corrélation, Obtenues par les deux modèles (flou annuel, flou mensuel),

*Introduction*

*Généralités*

*Modèles Développés*

*Exploitation*

*Conclusion*

# Conclusions

Lors de l'apprentissage annuel certains détails de la réalité, très complexe, seront dissimulés par l'assemblage des données de l'année toute entière, entre autre, l'effet saisonnier. En effet, un débit liquide faible en période humide peut engendrer un débit solide beaucoup plus important que celui engendré par un débit liquide fort en période sèche.

*Introduction*

*Généralités*

*Modèles Développés*

*Exploitation*

*Conclusion*

# Conclusions

le modèle Flou à apprentissage Mensuel permet d'atténuer les effets saisonniers, contrairement au modèle flou à apprentissage annuel, où certains détails de la réalité, très complexes, seront dissimulés par l'assemblage des données de l'année toute entière.