



*** ICERE ***

Impact des Changements Environnementaux sur la Ressource en Eau

CONSTRUCTION D'UN MODELE HYDROGEOLOGIQUE D'ETIAGE SUR LE VAL D'ORLEANS

Document complémentaire au rapport final sur :

- **L'impact des prélèvements agricoles sur la ressource en eau à l'étiage**
- **La sensibilité du modèle à l'utilisation des données piézométriques de 1966**

Auteurs:

Stéphane Binet, enseignant-chercheur

Table des matières

Introduction	P3
CHAPITRE 1 :	
Sensibilité du modèle à l'utilisation des données piézométriques de 1966	
Méthode :	P4
Résultats :	
Synthèse des données de piézométrie connues sur le Val d'Orléans.	P5
Modélisation de la variabilité temporelle observée dans les hauteurs d'eau.....	P7
Sensibilité du modèle à la variable : conductivité hydraulique des calcaires.....	P8
CHAPITRE 2 :	
Impact des prélèvements agricoles sur la ressource en eau à l'étiage	
Méthode :	P10
Résultats :	P10
CONCLUSION	P11

Introduction :

Suite aux questions soulevées par le projet ICERE, et dans le cadre du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux du Val Dhuy-Loiret, la Commission Locale de l'Eau (CLE), souhaite réaliser des tests complémentaires, utilisant le modèle hydrogéologique du Val d'Orléans mis au point lors du projet ICERE.

Ce rapport doit être lu comme une annexe au rapport du projet ICERE. Il ne présente pas la description du site d'étude et le modèle mis en place. Il se divise en deux chapitres indépendants, expliquant les nouveaux tests de sensibilité réalisés à partir du modèle ICERE. L'objectif est d'apporter des arguments pour avancer sur les questions posées lors de la réunion de restitution du projet.

La première question est relative au choix de la piézométrie de 1966 comme données utilisées pour valider le modèle hydrogéologique du Val d'Orléans. Cette carte piézométrique est telle encore aujourd'hui, représentative des écoulements ? Pour aborder cette question, le premier chapitre synthétise les différentes hauteurs d'eau mesurées sur le Val d'Orléans depuis 1820 et présente une carte piézométrique plus récentes. Ces nouvelles données sont comparées aux cartes piézométriques modélisées par le Modèle ICERE afin d'alimenter la discussion.

La seconde chapitre propose de nouveaux tests afin d'évaluer l'impact des pompes agricoles du Val sur les débits d'étiage du Loiret. Les débits restitués au Loiret en basses eaux seront mis en relation avec l'intensité des prélèvements diffus sur le bassin versant.

CHAPITRE 1 :

Sensibilité du modèle à l'utilisation des données piézométriques de 1966

Méthode :

Le modèle présenté est calibré avec la carte piézométrique de 1966. Le lecteur est en droit de se demander si ces données sont encore valides aujourd'hui et si les résultats du modèle sont en lien avec l'état actuel de l'aquifère.

- (1) Dans un premier test, pour discuter cette question, nous allons comparer les données de 1966 à une carte piézométrique réalisée par les étudiants de Polytech'Orléans en Mars 2008. Cette carte comporte 100 points mesurés au travers du Val d'Orléans pendant une période de hautes eaux. Ces différentes cartes seront replacées dans leur contexte hydrologique en utilisant les variations du niveau de la Loire comme repère ainsi qu'une synthèse des différentes mesures réalisées dans les calcaires depuis 1880, via une extraction des données de la BSS.
- (2) Le second test sera réalisé à partir du modèle ICERE (voir rapport final du projet). Il consiste à partir du modèle ICERE (capable de reproduire la carte de 1966) à augmenter de deux mètres les hauteurs d'eau en Loire (conditions aux limites du modèle) pour vérifier si cette simple modification permet de passer de la carte d'octobre 1966 (hauteur d'eau minimum en Loire) à la carte d'avril 2008 réalisées en hautes eaux. Si c'est le cas, nous considérerons que la piézométrie du Val d'Orléans est fortement liées aux hauteurs d'eau en Loire. les cartes piézométriques représentent plus un état hydrique (étiage, crue) est évoluent conjointement avec les hauteurs de la Loire.
- (3) Enfin un test de sensibilité du modèle à des variations de conductivité hydraulique sera réalisé, car celles-ci ont été définies afin d'ajuster la carte piézométrique observées à la carte mesurée. Une carte qui ne représente pas tout à fait la réalité d'aujourd'hui pourrait introduire une erreur dans l'estimation de cette grandeur, et donc dans les résultats du modèle

Résultats :

Pour évaluer la sensibilité du modèle à l'utilisation des données piézométriques de 1966, il est tout d'abord nécessaire de replacer les différentes cartes piézométriques réalisées sur le Val d'Orléans dans leur contexte hydrologique. D'après nos calculs, La Loire représente 86% de l'alimentation en eau du système, elle contrôle en grande partie la piézométrie du Val

1. Synthèse des données de piézométrie connues sur le Val d'Orléans.

Au cours des cinquante dernières années, la hauteur d'eau en Loire a fluctué de -1 mètre à exceptionnellement plus de 2 mètre au dessus du niveau de référence, soit trois mètres de battement (Fig.1).

La carte piézométrique d'octobre 1966 (Deprez, 1966) a été réalisée alors que la Loire sous le pont d'Orléans était localisée à la cote de -1 mètre, représentatif d'un étiage. La carte de novembre 1966 est à rattacher à une cote de +1m (Fig.1), soit une crue moyenne.

En 2008, 100 points ont été mesurés à travers le Val d'Orléans par les étudiants de l'école Polytech', sous la direction de Stéphane Binet. Il en résulte une carte réalisée pour une hauteur d'eau en Loire de 0m. Les cartes de 1966 encadrent bien la variabilité temporelle de la Loire, observée sur les trente dernières années.

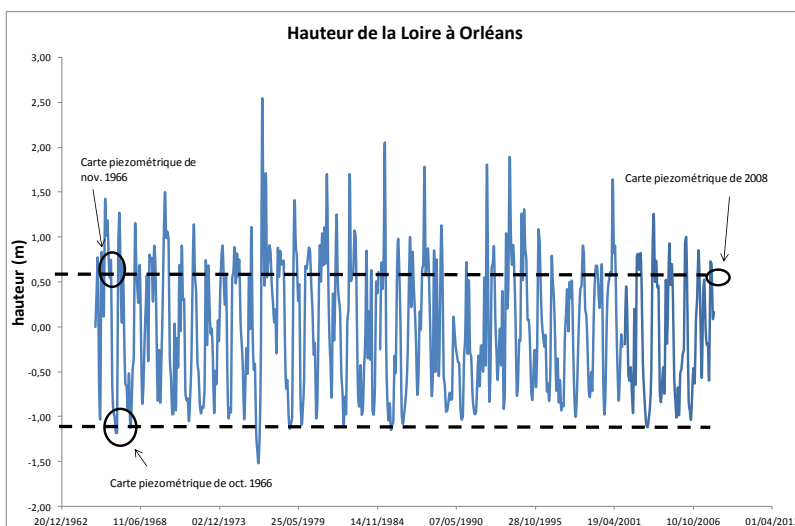


Figure 1 : Hauteur d'eau en Loire à Orléans définissant le contexte dans lequel les différentes cartes piézométriques de 1966 et de 2008 ont été réalisées.

Si l'on compare ces cartes entre elles, (Figure 2) on constate qu'à l'échelle du Val les valeurs minimum à l'aval sont de 88 mètres pour les deux cartes. L'isopièze 91 mètres par exemple se trouve localisée dans le même secteur. A l'amont, la hauteur d'eau au niveau de Jargeau est de 98 mètres. Pour deux cartes réalisées en hautes eaux dans des conditions similaires et à cette échelle d'observation, on ne constate pas de changement significatif dans la piézométrie pour les hautes eaux (Figure 2). Ceci conforte l'hypothèse que les variations piézométriques observées sont intimement liées aux variations du niveau de la Loire. Si l'on regarde la Figure 1, les niveaux d'étiages en Loire sont sensiblement les mêmes, autour de -1 mètre. La figure 1 ne montre pas d'enfoncement du lit de la Loire ou de dérive temporelle depuis 1966 au niveau d'Orléans. La piézométrie doit suivre cette même dynamique.

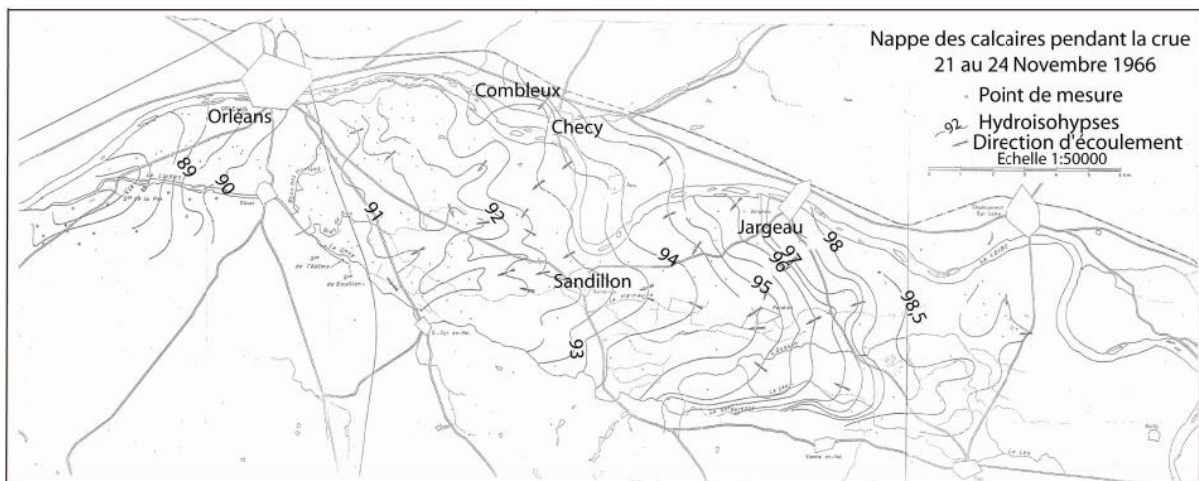
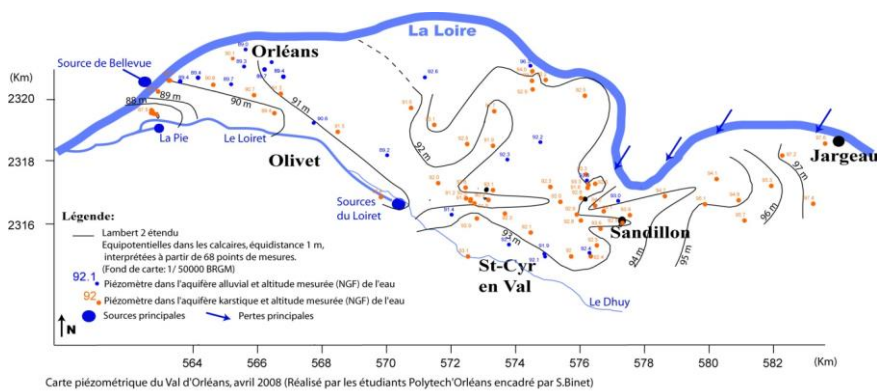


Fig. 2 : Comparaison entre la carte d'octobre 1966 réalisé par Deprez et celle d'avril 2008 réalisé par Polytech'Orléans.

2. Modélisation de la variabilité temporelle observée dans les hauteurs d'eau

Un autre test consiste à réaliser une coupe Est –Ouest synthétisant l'ensemble des hauteurs piézométriques mesurées sur le Val et déclarées à la BSS. Pour les 1500 points collectés, entre 1820 et aujourd'hui, la figure 3 montre le gradient hydraulique local de l'ordre de 10 m en 20 km soit 0.5 pour mille. Sur cette coupe, on retrouve pour une position en x donnée, une variabilité temporelle des hauteurs de l'ordre de trois mètres, matérialisée par les pointillés noirs. Cette observation est à nouveau cohérente avec les 3 mètres de variabilité du niveau de la Loire. Certains points sortent de l'enveloppe pointillée, ces niveaux peuvent être expliqués soit par des pompages affectant localement la nappe, soit par des erreurs de mesures dans les observations anciennes.

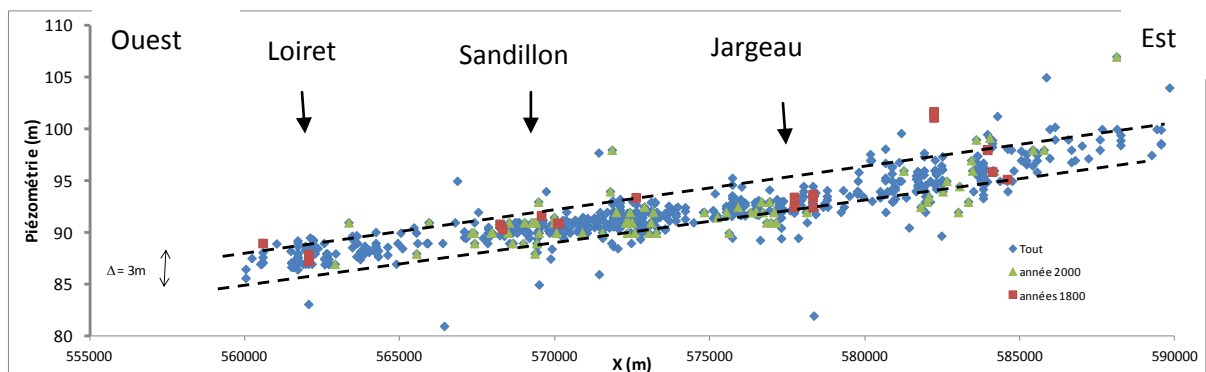


Figure 3 : Coupe Est /Ouest des hauteurs d'eau mesurées dans le Val d'Orléans depuis 1830. En rouge, les données des années 1800 1900, en vert les années 2000, en bleu toutes les données.

Si l'on cherche à reproduire grâce au Model ICERE les hauteurs d'eau le long de cette coupe Est - Ouest, les résultats obtenus pour les basses eaux de 1966 sont présentés sur la figure 20 du rapport final. La figure 3 reprend les données de 1966 (triangle) et celle de 2008 (croix) le long du profil Est – Ouest).

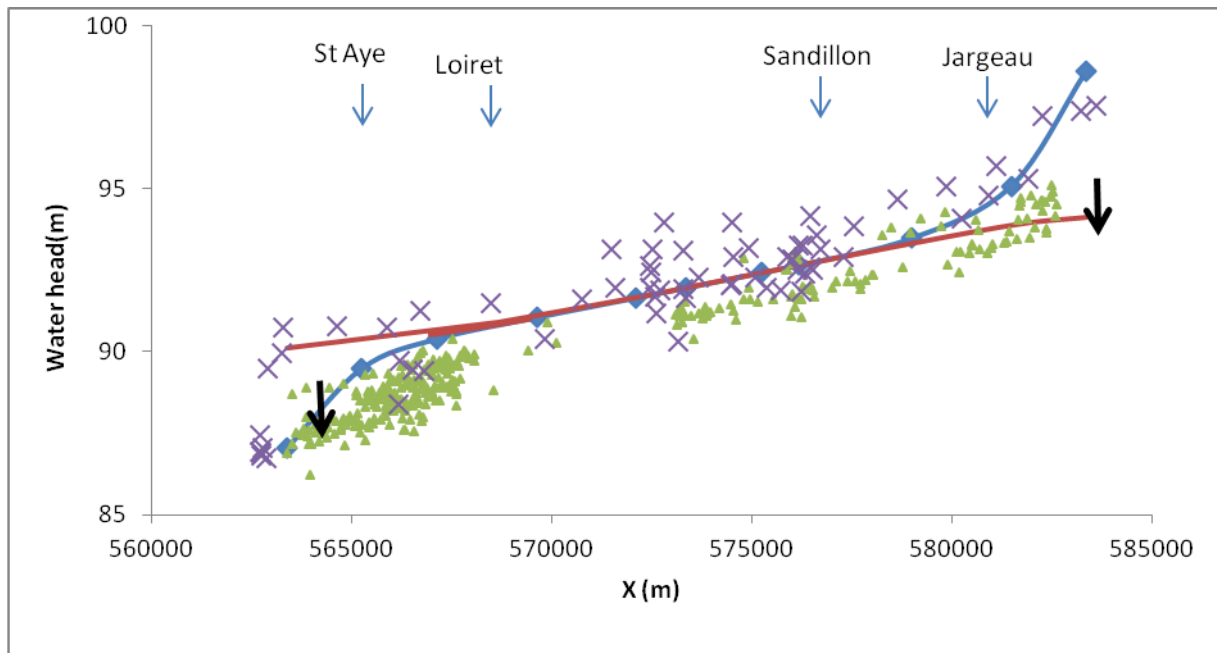


Fig. 3 : Comparaison entre la piézométrie réalisée en 1996 (basse eaux, triangle vert), celle réalisée en mars 2008 (hautes eaux, croix violette) et le Modèle ICERE calibré pour les hautes eaux (ligne rouge pour la charge dans le conduit, ligne bleue pour la charge dans la matrice).

En modifiant simplement les valeurs de conditions aux limites en Loire à l'amont et à l'aval du système en se basant sur la figure 1, il est possible de passer d'un modèle ajusté à la carte de 1966 à un modèle comparable aux mesures obtenues en 2008, sans autre modification dans le calcul.

Les deux approches présentées suggèrent que la variabilité de la piézométrie est corrélée aux fluctuations annuelles du niveau de la Loire. Le modèle permet, par simple modification du niveau de la Loire, d'expliquer l'une ou l'autre des cartes piézométriques ainsi que toute la variabilité mesurée depuis 1880. De possibles causes extérieures ne modifient pas de façon significative, à l'échelle du Val, les hauteurs d'eau mesurées dans les calcaires de Beauce.

Ainsi pour répondre aux questions du projet ICERE, centrées sur les étiages, la carte d'octobre 1966 à été préférée aux autres, car elle est la plus représentative d'un état de basse-eaux, sujet central du projet.

3. Sensibilité du modèle aux conductivités hydrauliques

La conductivité hydraulique des calcaires correspond à leurs capacités à laisser passer l'eau. Les valeurs de conductivité hydraulique des calcaires sont choisies pour reproduire au mieux la carte piézométrique. Si la carte piézométrique qui sert au calage n'est pas satisfaisante, dans ce cas, les valeurs de conductivités hydrauliques estimées pour le modèle peuvent être sensiblement différentes. De ce fait plus ou moins d'eau peut traverser le Val pour des conditions aux limites identiques. Pour évaluer l'impact des valeurs de conductivités hydrauliques dans les calcaires sur les résultats, un test paramétrique a été réalisé. En fonction de la conductivité hydraulique choisie pour les calcaires (hors conduit) le débit d'eau arrivant au Loiret peut évoluer de 2 à 3,5 m³/s. Cette variabilité n'est pas négligeable, du même ordre de grandeur que l'ensemble des tests paramétriques réalisés auparavant. Cependant au delà de 2 10⁻³ m/s l'impact se stabilise, montrant des valeurs de débit stable proche de 3 m³/s.

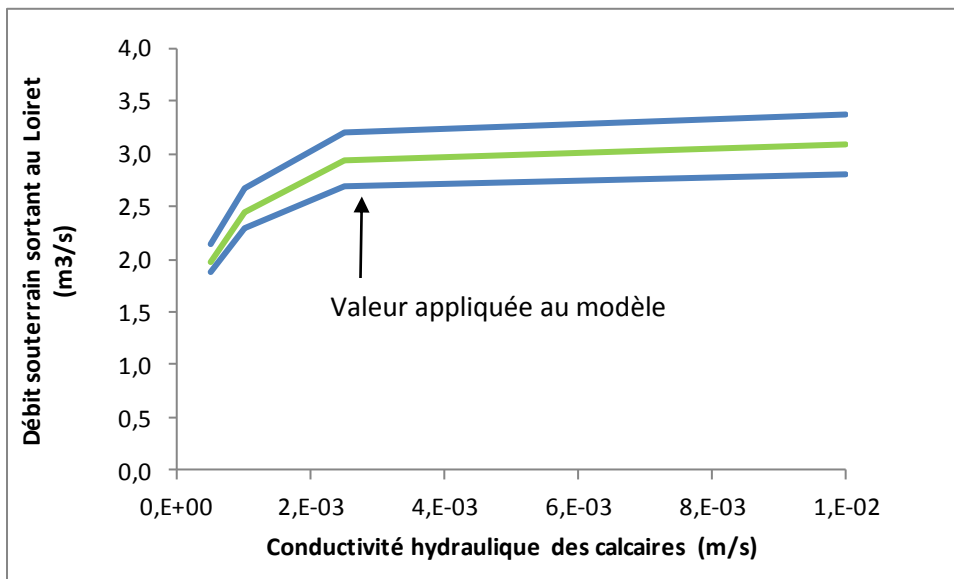


Fig.4 : Effet du choix des propriétés hydrauliques du calcaire sur l'évolution des débits sortant au Loiret. L'enveloppe (en bleu) traduit une incertitude d'un mètre sur le diamètre des conduits.

CHAPITRE 2 :

Impact des prélèvements agricoles sur la ressource en eau à l'été

Méthode : La seconde question issue de la réunion de restitution est celle de l'impact des prélèvements agricoles sur les débits d'été. A partir du modèle ICERE et des données de l'agence de l'eau, 4 scénarios seront proposés afin d'augmenter graduellement les quantités prélevées par l'agriculture et d'évaluer l'impact des prélèvements sur les débits souterrains qui participent aux écoulements du Loiret.

Les scénarios seront, (1) pas de prélèvement lié à l'agriculture, (2) l'agriculture diminue par 2 sa consommation, (3) l'agriculture consomme comme aujourd'hui, (4) l'agriculture double ses prélèvements dans les calcaires.

Résultats :

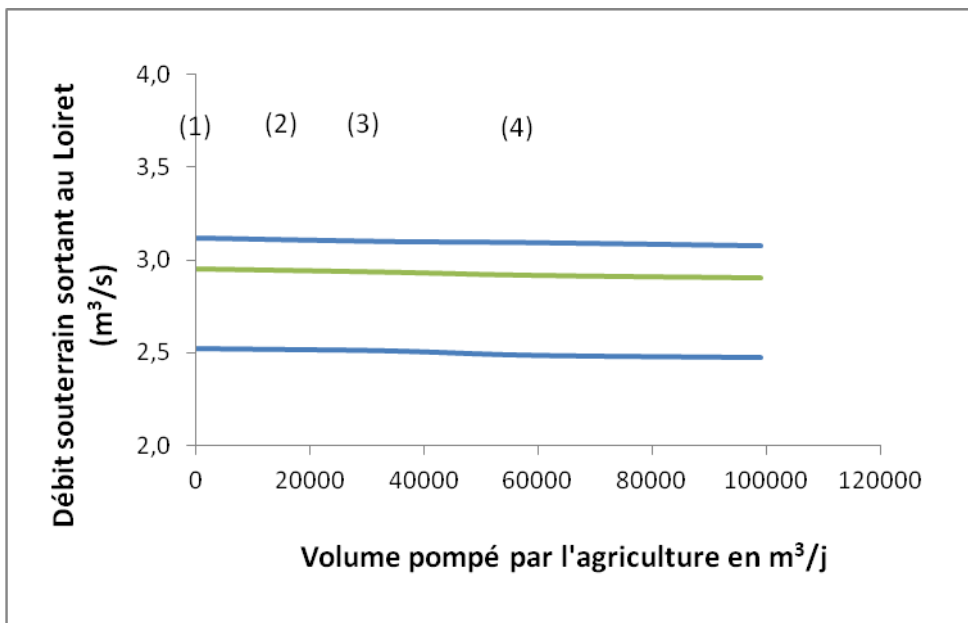


Fig.5 : Effet des prélèvements agricoles sur les débits souterrains alimentant le Loiret à l'été. L'enveloppe (en bleu) traduit l'incertitude liée à la paramétrisation du modèle. Les numéros 1 à 4 correspondent aux différentes hypothèses de prélèvements énoncées dans le texte.

La figure 5 montre l'effet d'un doublement des prélèvements agricoles sur les débits d'été, arrivant du milieu souterrain vers le Loiret. L'augmentation des pompages fait bien diminuer les débits qui débordent vers le Loiret, mais le calcul suggère que l'ordre de grandeur est nettement

inférieur aux tests réalisés dans le rapport initial. Les barres d'erreurs sont importantes, laissant apparaître une erreur absolue assez élevée, mais les variations relatives uniquement liées aux pompages agricoles sont toujours du même ordre de grandeur.

CONCLUSION :

Pour compléter les résultats présentés dans le rapport final du projet ICERE deux séries de tests ont été réalisées sur le modèle hydrogéologique du Val d'Orléans afin de discuter les questions restées en suspens lors de la réunion de restitution.

La première série de tests réalisés dans ce rapport montre qu'aux vues des données existantes, les meilleures données pour les études d'étiages sont celles de la carte piézométrique de 1966. Il s'avère cependant que la modélisation de l'hydrogéologie du Val d'Orléans relie la carte piézométrique de 1966 et celle de 2008 par une simple variation du niveau de la Loire. Variation qui correspond aux observations réalisées au pont d'Orléans. Il est possible de conclure que la piézométrie du Val semble principalement contrôlée par la hauteur de la Loire. Les valeurs d'étiages mesurées en Loire sont stables depuis 1960, il est donc peu probable que la piézométrie dérive au cours de ces cinquante dernières années.

La seconde série de tests, faisant varier les volumes d'eau prélevés par l'agriculture montrent que ceux-ci n'ont qu'un impact faible sur les débits du Loiret, nettement inférieur aux tests réalisés précédemment, comme les pompages AEP, le niveau de la Loire ou enfin la gestion des Biefs.