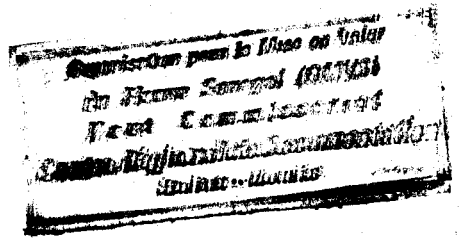


10280

COMITE INTER-AFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES

Immeuble Maine-Montparnasse
15, Square Max Hymans
PARIS XVIe



NOTE SUR LA SURALIMENTATION DES NAPPES SOUTERRAINES

par R. DEGALLIER

- Mars 1966 -

10280

NOTE SUR LA SURALIMENTATION DES NAPPES SOUTERRAINES

par R. DEGALLIER.

S O M M A I R E

Pages

- Les objectifs	2
- Les procédés de suralimentation	3
- Le colmatage	5
- Les études préliminaires	7
- Conclusion	9
- Bibliographie	11

10280

Organisation pour la Mise en Valeur
du Fleuve Sénégal (OMVS)
Haut Commissariat
Centre Régional de Documentation
Saint-Louis

NOTE SUR LA SURALIMENTATION DES NAPPES SOUTERRAINES

par R. DEGALLIER.

La présente note a comme but de donner quelques indications sur les facteurs qu'il faut étudier lors d'un projet de suralimentation, en insistant particulièrement sur les facteurs spécifiques de ce genre de projet.

La suralimentation des nappes souterraines, appelée aussi recharge artificielle ou alimentation artificielle, est un terme à la mode pour désigner un ensemble de procédés permettant d'augmenter les quantités d'eau pénétrant dans les nappes souterraines.

En fait, toute exploitation d'eau souterraine implique un certain appel de ressources qui, autrement, auraient eu une destinée différente.

On faisait donc depuis toujours de la suralimentation sans le savoir et tous les termes de passage existent ainsi entre l'alimentation naturelle, les procédés qui améliorent cette alimentation naturelle, et la suralimentation proprement dite, terme réservé en pratique à des installations importantes construites avec des objectifs précis.

Cette parenté étroite fera qu'à tous les problèmes invoqués dans l'alimentation naturelle des nappes s'ajouteront ceux, plus spécifiques, de la suralimentation. L'alimentation naturelle impliquait un équilibre entre tous ces phénomènes : le débit de la nappe compensait les apports, la couche aquifère avait fini par se mettre en équilibre physico-chimique avec l'eau qui la traversait.

La suralimentation va apporter à la nappe des eaux qui ont déjà une histoire et les difficultés principales proviendront du déséquilibre physico-chimique ainsi introduit et des colmatages variés qui s'ensuivront.

LES OBJECTIFS.

L'objectif essentiel de la suralimentation est de couvrir des besoins supplémentaires temporaires ou permanents. Mais ce n'est qu'un des moyens possibles de couvrir ces besoins et ce seul objectif n'est pas toujours suffisant pour que la suralimentation soit économiquement justifiée comparativement à d'autres solutions.

L'avantage pourra lui venir de certaines des caractéristiques inhérentes aux procédés employés, telles que :

- 1) de compenser une surexploitation lorsque l'épuisement de la nappe a entraîné une diminution de débit, un niveau de pompage devenu trop profond, ou un appel d'eau salée,
- 2) de valoriser un champ de captage dont on veut augmenter le rendement à moindre frais,
- 3) de profiter des propriétés auto-épurantes naturelles des terrains,
- 4) de stocker pour couvrir des besoins de pointe, et de régulariser des excédents d'eaux de crue de cours d'eau, d'eaux polluées, d'eaux de drainage,
- 5) d'utiliser la nappe comme d'une conduite naturelle vers un champ de captage,
- 6) d'accélérer le dessalement de terres récupérables par l'agriculture,
- 7) de compenser les répercussions agricoles de pompages ou drainages industriels importants.

En résumé, la nappe est utilisée surtout comme réservoir régulateur naturel ou comme filtre naturel.

A titre d'exemple de ces différents cas, la suralimentation peut être envisagée ou l'a été dans les cas suivants :

- 1) dunes de Hollande, côtes d'Israël et des U.S.A., villes côtières d'Afrique : Nouakchott, Dakar, Lomé ; delta du fleuve Sénégal, etc....

- 2,3) adductions d'eau de nombreuses villes, notamment en Allemagne (Hanovre, Essen, etc...) et en Suède,
- 4) Akjoujt, en Mauritanie ; région du Ouaddaï, au Tchad ; île d'Yeu,
- 5) alimentation de nappes phréatiques du Sénégal par la nappe maestrichtienne (régions de Boulel Saloum et du Ferlo),
- 6) polders de Hollande, basses plaines côtières d'Afrique (Casamance et Guinée),
- 7) abords du canal de fuite de Donzère Mondragon, dérivation de la basse Durance.

LES PROCÉDES DE SURALIMENTATION.

L'alimentation naturelle peut être limitée par le volume de vide qui lui est offert par l'aquifère ; c'est le cas de nappes d'eau peu profondes que les pluies font déborder facilement, de certaines nappes de calcaires karstiques à forte perméabilité qui s'épuisent très rapidement jusqu'à la cote des émergences et où les réserves régularisables ne se trouvent qu'~~en~~ dessous de cette cote.

Dans ce cas, l'abaissement artificiel par pompage de la cote de la nappe augmente d'autant le volume de vide offert aux recharges. La suralimentation est faite ainsi en agissant sur l'exploitation et en permettant à une alimentation naturelle suffisante de mieux s'exercer.

Lorsque le facteur limitant est plus directement lié à l'alimentation et provient d'un ruissellement ou d'une évaporation excessive, la façon de procéder la plus élémentaire consiste à améliorer l'alimentation naturelle en luttant contre ces phénomènes.

Le ruissellement peut être diminué ou stoppé par des travaux de conservation des sols tels que labours selon les courbes de niveau, construction de diguettes, etc...

L'évaporation et le dessèchement du sol peuvent être limités par diverses façons culturales telles que le dry farming, par déboisement et par l'introduction d'espèces végétales à racines peu profondes ou susceptibles de maintenir le sol perméable.

A l'infiltration naturelle de la pluie, on peut ajouter la dérivation de cours d'eau dans des zones d'épandage sur terrain naturel ou traité comme ci-dessus, et l'augmentation de la durée de submersion des zones inondées par la construction de barrages rétenteurs ou retardateurs de crues.

Si le sol superficiel n'est pas favorable, trop argileux par exemple, il faudra l'enlever et on passe ainsi subrepticement aux tranchées et bassins d'infiltration. On peut rattacher à ce cas celui de la recharge induite par pompage à proximité d'une eau de surface jouant le rôle de tranchée d'infiltration naturelle.

Lorsque la perméabilité est notable, les dimensions des ouvrages d'injection peuvent être diminuées jusqu'à celles de puits ou forages d'injection qui rendent ainsi possible de suralimenter des nappes en profondeur, sous d'épais recouvrements imperméables.

La perméabilité du sol ou de la roche, compte tenu des débits à infiltrer, va ainsi déterminer la surface d'infiltration nécessaire et le choix du type d'ouvrage à adopter, d'où résulteront différents avantages et servitudes que nous examinerons plus loin. Ce sera tantôt la perméabilité horizontale qu'il faudra prendre en considération (puits et forages), tantôt la perméabilité verticale (épandage) qui peut être fort différente.

Une première idée de la perméabilité verticale et de la superficie d'épandage nécessaire, put être obtenue de mesures de la vitesse de disparition des flaques ou d'assèchement de fouilles, compte tenu de l'évaporation.

Les débits injectables par puits et forages, fonction de la perméabilité horizontale, seront semblables, compte tenu des pressions et rabattements en jeu, aux débits des ouvrages d'exploitation qui peuvent exister.

Aux ouvrages d'infiltration ci-dessus, il faudra nécessairement coupler des ouvrages de récupération. Ces derniers seront le plus souvent des puits ou forages (cas 1 à 5), parfois des drains (cas 6), ou les plantes elles-mêmes (cas 7) lesquelles puisent directement dans la nappe ou sa frange capillaire.

LE COLMATAGE.

Le colmatage est l'ennemi n° 1 de la suralimentation.

Le fait que les quantités d'eau en jeu sont nécessairement notables augmente l'importance que peuvent avoir des concentrations relativement faibles de substances susceptibles d'être nuisibles, telles que le fer (J.D. HEM, 1960).

D'autre part, lorsque l'aquifère est utilisé surtout comme réservoir, il y a alternance de périodes de recharge et de décharge et il importe particulièrement qu'il y ait compatibilité réciproque entre l'eau d'injection et la nappe.

Le colmatage peut se manifester de façons très variées :

Tout d'abord, par les matériaux en suspension dans l'eau d'injection : une décantation sera alors nécessaire. Parfois, par dégagement de bulles d'air obstruant les plus gros pores du terrain, ce qui obligera à un dégazage préalable de l'eau. Ensuite, par prolifération de micro-organismes qu'il faudra détruire constamment, par exemple par injection de chlore ; il convient en effet d'éviter de laisser au sol seul le soin de stériliser l'eau. Enfin, par interaction entre l'eau d'injection, celle de la nappe et le terrain : il peut ainsi y avoir précipitation de produits calcaires et ferrugineux, gonflement des argiles du terrain, dissolution de matériaux à proximité des ouvrages et reprécipitation plus loin, etc...

Une diminution de perméabilité peut aussi provenir de l'injection d'une eau plus froide que l'eau d'origine, car la viscosité de l'eau est fort sensible aux variations de température.

Toutefois, ces catastrophes variées ne se produiront pas nécessairement et pour la plupart des cas des remèdes existent qu'on peut prévoir si l'on s'est informé, par quelques études, des conditions particulières du lieu.

En règle générale, le colmatage sera, on s'en doute, d'autant plus rapide que l'eau sera plus chargée en matières colmatantes, que les quantités d'eau en jeu seront plus importantes, que la perméabilité sera plus faible, que la surface d'infiltration sera plus réduite, et, ce qui importe par-dessus tout, qu'on s'éloignera davantage des conditions d'une alimentation naturelle.

L'aquifère est à étudier par les méthodes classiques de l'hydrogéologie qui préciseront ses limites, ses caractéristiques hydrochimiques, pour aboutir à l'installation des ouvrages de récupération. Ces derniers seront, le plus souvent, des batteries de puits et forages dont le nombre, la nature et la disposition dépendront des débits demandés et des conditions locales et pourront être implantés selon les règles de l'hydrodynamique classique, par exemple par le calcul direct de l'influence réciproque des ouvrages ou par l'utilisation, dans les cas particulièrement complexes, de modèles analogiques ou mathématiques (J. ZAOUÏ).

Les mêmes méthodes pourront être appliquées pour l'installation des ouvrages d'injection qui pourront n'être pas distincts des ouvrages de récupération si l'installation est à objectif régularisateur avec alternance de phases d'injection et d'extraction.

L'étude du profil pédologique et des couches surmontant la nappe indiquera si la recharge peut être faite par épandage en surface en cas d'absence d'écran peu perméable, par tranchées ou bassins en cas d'écran à faible profondeur ou par puits et forages si l'on ne peut songer à enlever les couches perméables surmontant la nappe.

La composition des eaux et des roches en présence est un point qu'il faut examiner avec attention afin de prévoir ce qu'il faudra prescrire comme traitements de décantation, de stérilisation, de prévention du colmatage et de régénération périodique des ouvrages.

Quelle que soit leur nature, les ouvrages d'injection auront à jouer le rôle de filtres vis à vis des matières inertes ou micro organiques en suspension dans l'eau. La nature, la teneur et la granulométrie de ces matières permettront de prévoir les traitements éventuels de décantation et d'aménagement de massifs filtrants.

L'analyse chimique des deux groupes d'eau à étudier, celle à injecter et celle de la nappe, devra obligatoirement être faite sur place, car les données essentielles à mesurer peuvent être fortement modifiées par le conditionnement et le transport des échantillons (pH, Eh, CO₂, Fe, etc...).

Lorsque les crues qu'on se propose de régulariser par infiltration forcée sont rares, le chimiste prêt à intervenir pourra ainsi être immobilisé durant de longues périodes dans l'attente du phénomène tout comme l'hydrologue chargé de la mesure des débits liquides et solides.

Les analyses d'eau ainsi récoltées seront ensuite comparées aux analyses chimiques et pétrographiques de la roche aquifère qui devront préciser les teneurs et formes cristallines du fer, du manganèse, du calcium, des argiles, etc...

L'application des équations qui régissent les équilibres chimiques permet de prévoir, dans un certain nombre de cas simples, les limites de précipitation des principaux éléments colmatants : le fer et le calcaire (R. BREMOND).

Comme traitements préventifs possibles on peut citer la javellisation, la déminéralisation par aération et décantation, le dégazage pour éviter le colmatage par bulles d'air, etc...

Toutefois, ces traitements préventifs ne seront envisagés qu'après comparaison économique avec des traitements curatifs, rénovateurs ou d'entretien, tels que ceux que nous avons cités plus haut, pour les bassins d'infiltration et les forages d'injection.

Les installations devront alors être conçues de façon à permettre la mise hors circuit, à tour de rôle, des ouvrages à régénérer.

Conclusion.

Nous avons énuméré un nombre impressionnant de difficultés, car il fallait tenter de couvrir une gamme très étendue de cas particuliers, aux conditions locales fort variées.

Mais il ne faut pas trop s'effrayer, car beaucoup de ces difficultés s'excluent mutuellement et elles s'acharment rarement en grand nombre sur le même cas.

Les nombreux points que nous avons passés en revue constituent, en fait, une "check-list" de questions à se poser lorsque l'on envisage une installation de suralimentation. Mais, en pratique, il n'y a que des cas particuliers et l'on n'en traite qu'un seul à la fois, dont on connaît le contexte.

Les objectifs visés et les conditions locales ne seront compatibles qu'avec un petit nombre de procédés possibles, présentant chacun un petit nombre de servitudes.

Finalement, pour des projets bien plus économiques, les points à examiner avec attention ne s'avèreront pas plus nombreux ni plus dispendieux que pour la mise en valeur de ressources nouvelles de type classique.

DOCUMENTS CONSULTÉS :

- 11 -

- BREMOND R., 1965
Etude de l'influence des caractéristiques technologiques des puits et forages sur leur rendement et leur longévité. 2ème partie : "Le colmatage par les éléments sable - argileux et les carbonates". C.I.E.H.
- DEGALLIER R., 1964
Réflexions et questions sur l'alimentation des nappes d'eau souterraine. Publication CIEH, et BRGM, Chronique d'Hydrogéologie n° 5, 7 - 31.
- ✕ DEPAGNE J., 1964
Evolution des nappes d'Akjoujt et d'Atar de 1961 à 1963. Archives Service de l'Hydraulique de Mauritanie, rapport BRGM DAK 64 A 7.
- ✕ DEPAGNE J., 1964
Evolution des nappes d'Akjoujt et d'Atar octobre 1963 à mai 1964. Archives Service - Hydraulique Mauritanie rapport BRGM DAK 64 A 23.
- DEVEAUX M., 1961
Les problèmes relatifs à la conception et à la réalisation de petits barrages en Mauritanie. Compte-rendu des journées d'étude, GAP 1961, Association Française pour l'Etude des Irrigations et du Drainage, 31 - 39.
- GARRAUD J., 1965
Conditions d'exploitation du dispositif de réalimentation de la nappe le long du canal de fuite de l'aménagement de Donzère-Mondragon. Mémoires et Travaux de la S.H.F., 1, 1965, 36 - 42.
- HEM J.D., 1960
Chemical equilibrium diagrams for ground water systems (diagrammes d'équilibre chimique pour eaux souterraines). Bulletin A.I.H.S., 19, 45 - 53.