

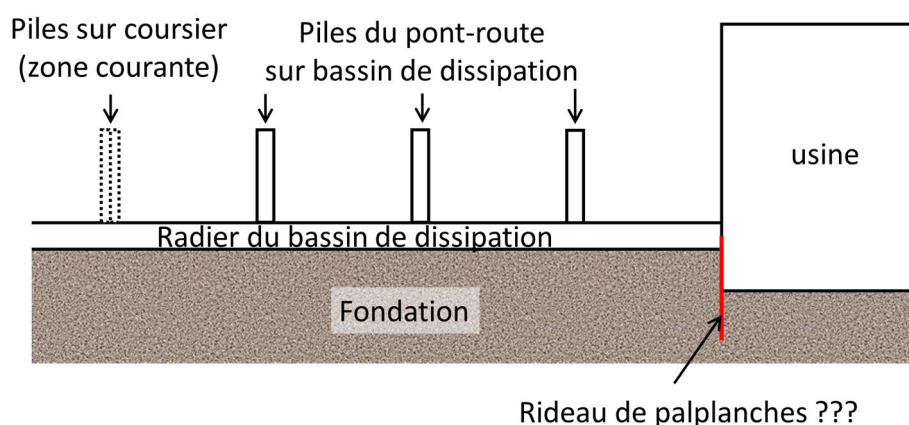
## ANNEXES

En annexes sont présentés des éléments de précision et de compléments :

- Quelques hypothèses et explications complémentaires sur la rupture du radier du bassin de dissipation (hypothèses sur les joints dans le radier du bassin de dissipation),
- Les éléments disponibles sur les niveaux d'eau à l'aval du barrage (qui ne permettent rien de conclure),
- Quelques considérations sur un élément souvent présenté comme la « preuve » d'une explosion : les secousses sismiques enregistrées,
- Quelques considérations sur la possibilité d'une destruction résultant de frappes aériennes (bombes / obus / missiles),
- Quelques considérations sur les impacts de la rupture du barrage, amenant à penser qu'aucune des deux parties ne pouvait souhaiter sa destruction.

### 1. Hypothèses sur les joints dans le radier du bassin de dissipation

Comme indiqué en partie 1, rien n'indique où se trouvent les joints dans le radier du bassin de dissipation. On sait simplement que, dans la zone où les piles sont fondées sur ce radier, aucun joint ne remonte à travers les piles.



Plusieurs hypothèses sont à priori envisageables :

- Absence de joints,
- Joints avec un rythme d'une passe sur 3 (comme pour l'évacuateur de crues), mais avec une limite entre joints décalée par rapport aux piles de l'évacuateur de crues (au moins au niveau de la pile  $\frac{1}{2}$ ),
- Joints au rythme d'un par passe.

Techniquement, la solution d'une absence totale de joints serait appropriée, sous réserve de s'être assuré d'une absence de risque de tassements différentiels (il ne faudrait pas que la rigidité de la structure l'empêche de s'ajuster aux éventuels mouvements de la fondation). Mais dans ce cas, on peut se demander pourquoi la même solution n'aurait pas été adoptée pour le barrage principal, puisque l'enjeu est identique.

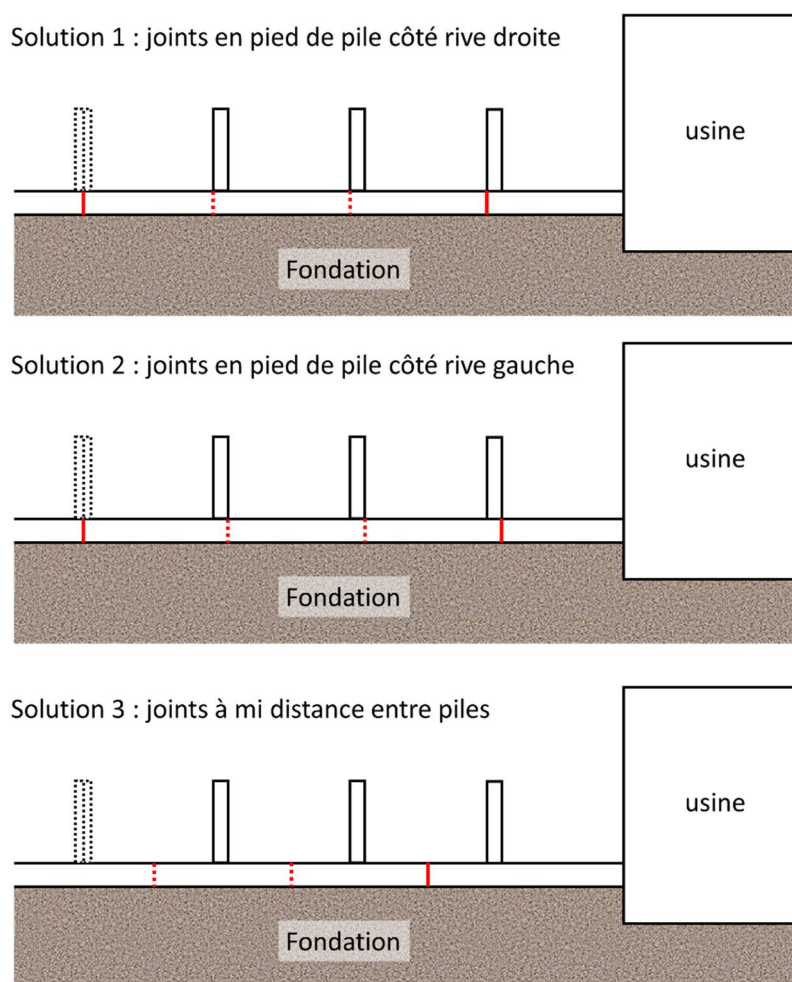
Au niveau du barrage principal, la principale raison qui a conduit au choix de positionner les joints à mi épaisseur des piles est le problème de l'interface entre ce joint et les pièces fixes destinées à accueillir la vanne. Cette disposition constructive (joint à mi épaisseur de pile) est très contraignante, et implique la nécessité de quasi-doubler l'épaisseur de la pile.

Le problème des pièces fixes n'existe plus au niveau du radier du bassin de dissipation, et il est donc logique que les concepteurs aient voulu simplifier la construction de la pile en positionnant le joint à un autre endroit.

L'absence de difficulté particulière pour la réalisation des joints dans le radier pourrait expliquer une fréquence plus importante que dans la structure de l'évacuateur de crues (par exemple un joint par passe au lieu d'un toutes les 3 passes). Le fait que la rupture du pont soit intervenue en plusieurs temps tend à indiquer la présence de joints à raison d'un par passe.

A priori, 2 choix sont possibles pour l'implantation des joints (en dehors de la pile) : soit en pied de pile, soit à mi-distance entre piles. Et, dans l'hypothèse où les joints sont positionnés en pied de pile, deux options sont possibles, selon le côté où les joint sont positionnés.

Cela fait donc un total de 3 solutions, qui sont schématisées ci-dessous. Elles sont classées dans l'ordre de celle qui semble le plus naturelle à celle qui semble le moins naturelle (en traits rouge pleins, dans l'hypothèse d'un joint toute les 3 passes, comme dans l'évacuateur de crues ; en rouge pointillés, dans l'hypothèse d'un joint par passe ; en noir pointillé la pile qui est fondée directement sur l'évacuateur, et pas sur le radier du bassin de dissipation).



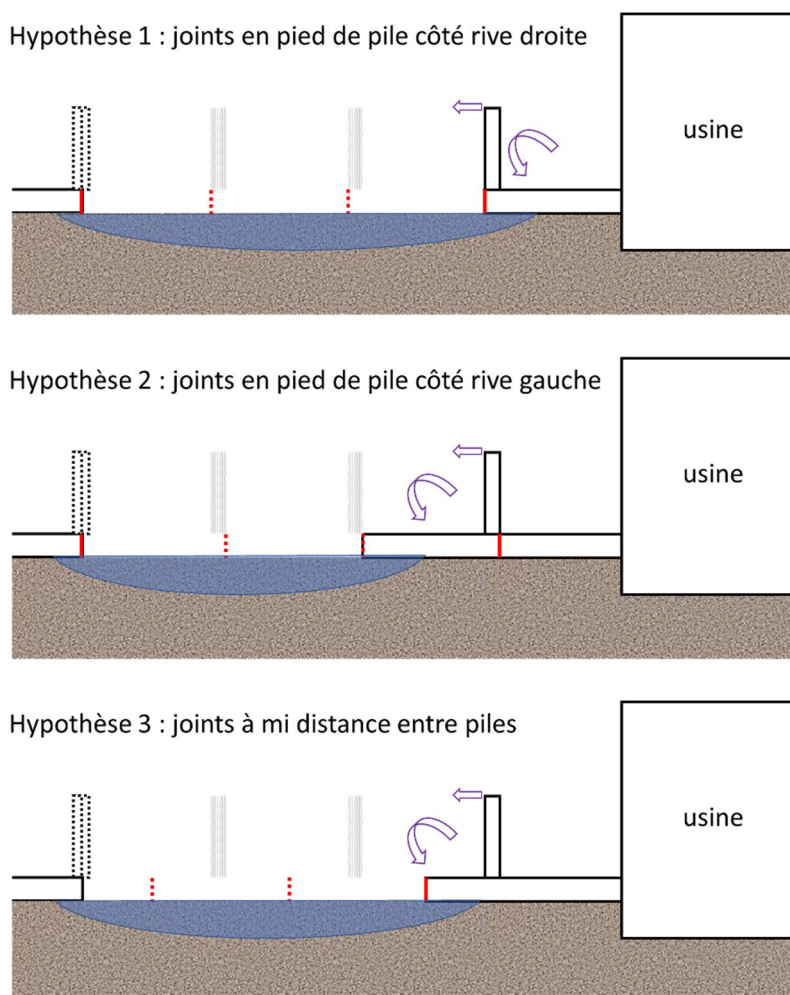
L'avantage des solutions n°1 et 2 est qu'elles permettent assez naturellement de se raccorder sur la zone courante du barrage si, comme c'est probable, les joints y sont positionnés dans le prolongement des piles (soit dans le prolongement des joints du barrage).

L'avantage de la solution n°3 est que la pile se trouve au milieu du bloc structurel, ce qui permet d'éviter d'apporter des chargements dissymétriques sur le radier. En revanche, l'absence de continuité

avec les joints de l'évacuateur est potentiellement problématique, si bien qu'il semble peu probable que cette solution ait été choisie.

Néanmoins, aucun de ces choix de conception n'est à priori aberrant.

Voici, pour chacune des 3 hypothèses, quelle serait la situation au moment de la photographie du 5 Juin, quand 2 des piles du pont ont disparu :



L'hypothèse 1 est parfaitement compatible avec un bloc de 3 passes (2/3/4), qui serait entièrement parti, avec uniquement la pile rattachée à la passe n°1 qui subsiste.

L'hypothèse 2 implique, soit que les joints soient présents derrière chaque passe, soit qu'il y ait eu une rupture du radier.

Dans les trois cas, le tassement différentiel du radier dû à la propagation de l'érosion sous celui-ci tend à induire une rotation du radier du bloc contenant la pile restante. Ce phénomène est attendu plus marqué dans le cas de l'hypothèse n°1.

Le seul signe visible d'une telle rotation serait un déplacement de la tête de la pile en direction de la fosse (petites flèches sur les schémas).

L'observation de la photographie du 5 Juin, en vis-à-vis d'une photo de la situation d'origine laisse effectivement penser que le tablier du pont n'est presque plus appuyé sur la pile, car celle-ci s'est déplacée (en rouge ci-dessous).

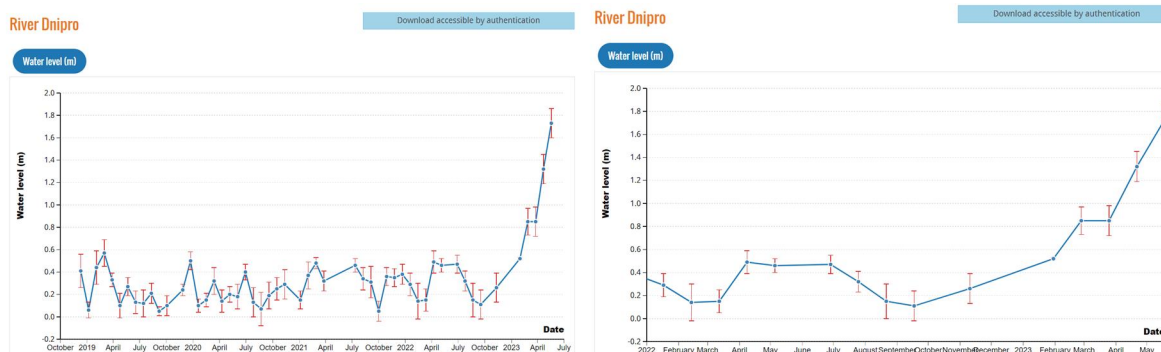


## 2. Niveaux d'eau à l'aval du barrage

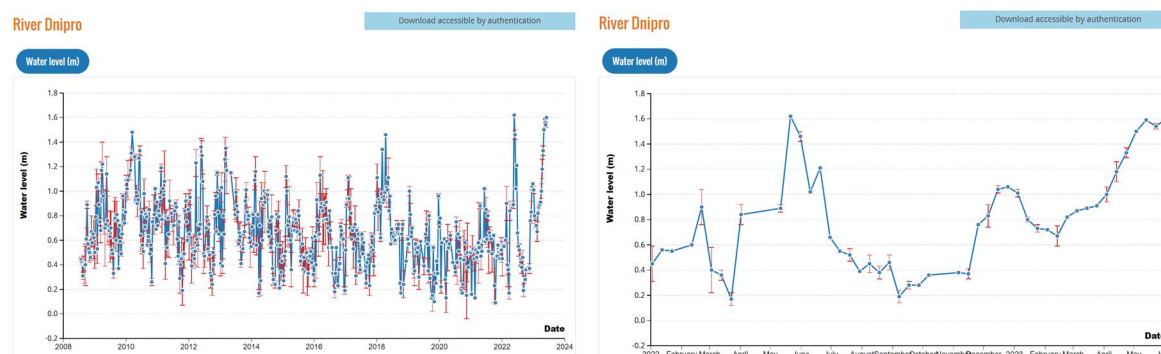
En raison du maintien d'une seule vanne pour la restitution de l'eau, les débits restent faibles à l'aval du barrage. On s'attendrait donc à ce que les niveaux restent bas en Avril/Mai, alors qu'ils devraient remonter en année normale. Cette analyse n'est pas confirmée par les levés satellites disponibles.

Les deux premiers points de mesures à l'aval du barrage fournissent des informations discordantes :

- Le 1er, environ 6 à 7km à l'aval du barrage, qui fournit des données depuis 2018, montre une augmentation du niveau d'eau jusqu'à des niveaux records, depuis début 2023.



- Le 2<sup>ème</sup>, avec des données historiques depuis 2008, indique également une augmentation de la cote du réservoir, mais sans que les niveaux atteints n'aient un caractère proprement anormal, des cotes légèrement supérieures ayant été atteintes en 2022. Étonnamment les niveaux d'eau semblent être remontés depuis 2022.



Les cotes altimétriques étant en principe exprimées en altitude absolue, il est étrange que les cotes de la station aval puissent afficher un niveau supérieur à celles de la station située le plus à l'amont. Ces mesures sont donc très certainement entachées d'erreurs.

On retiendra donc que, malgré la réduction des débits restitués par rapport à une exploitation normale de l'aménagement, les niveaux d'eau sont probablement remontés à l'aval, sans qu'on ne puisse ni avoir de certitudes, ni préciser l'ampleur de cette remontée, ni encore moins en expliquer la cause éventuelle.



### 3. Secousse sismique enregistrée

Une, voire plusieurs secousses sismiques brèves auraient été enregistrées, qui se distinguent à peine du « bruit » de la Terre. Mais certains témoignages indiquent que les sismologues qui ont analysé ces courbes n'ont pas de doutes sur l'existence de secousses en provenance de la zone du barrage.

Il faut comprendre qu'une secousse indique qu'une certaine quantité d'énergie a été transmise au sol, mais celle-ci peut être créée par un explosif, par un glissement de terrain, par la chute d'un objet lourd, etc. sans qu'il soit possible d'identifier la cause de la secousse par la simple analyse des sismographes.

Lors des études de géophysique par méthode sismique, plusieurs types de procédés autres que les explosifs peuvent être utilisés, comme des masses de différente taille :



Un mécanisme de rupture de l'évacuateur de crues par instabilité globale érosion régressive n'implique pas nécessairement de secousse sismique importante, puisque la rupture se fait « en douceur ». Mais il n'est pas exclu qu'il puisse s'en produire : Lors de la rupture, on peut imaginer un mécanisme de décollement / recollement de la fondation en raison des écoulements d'eau, le recollement pouvant être brutal. Chacun des plots de la structure de l'évacuateur de crues pesant environ 50 000 à 60 000 tonnes (plus les masses d'eau entraînées), un choc avec une telle masse peut créer des ondes sismiques assimilables à des explosions.

Par ailleurs, la rupture de l'usine, telle qu'observée sur les photos, a été très violente. Le mécanisme qui a créé la rupture a donc occasionné un dégagement d'énergie, y compris s'il s'agit d'une simple relaxation de contraintes mécaniques de compression lors de la rupture de la structure. Il est vraisemblable que ce type d'évènement puisse également générer des ondes sismiques.

Il n'apparaît donc pas évident que les données sismiques disponibles permettent d'invalider quelque scénario que ce soit.

#### 4. Possibilité d'une rupture comme conséquence de frappes ukrainiennes ?

Plusieurs versions ont pu être entendues de la partie russe : la rupture résulterait de frappes ukrainiennes survenues dans la nuit du 5 au 6 Juin ; ou, selon les versions, la rupture résulterait des conséquences de frappes intervenues en 2022, à l'époque où les russes étaient maîtres des deux rives.

Aucun mécanisme faisant le lien entre les frappes et la rupture ne semble avoir été proposé par la partie russe (« mécanisme » signifie explication de l'endroit où la frappe serait survenue, conséquences immédiates de la frappe, puis enchaînement expliquant comment cela a abouti à la ruine de l'ouvrage.

Il est difficile de critiquer une hypothèse formulée de manière aussi floue et imprécise. Mais il est difficile d'imaginer comment une frappe, avec une quantité d'explosif d'au plus quelques dizaines de kilogrammes, pourrait entraîner une rupture de l'ouvrage.

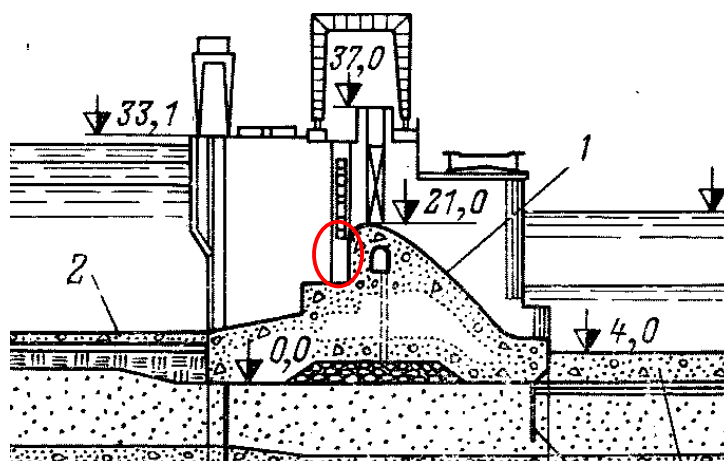
Voici les mécanismes les plus crédibles qui ont pu être évoqués à l'appui de cette thèse :

1°) Explosion dans l'eau immédiatement à l'amont de la galerie de drainage,

2°) Explosion d'un missile HIMARS qui visait le pont situé à l'aval du barrage, qui aurait endommagé le radier de la fosse d'érosion à l'aval du barrage.

##### a. Hypothèse d'une rupture créée par une explosion immédiatement à l'amont du barrage

Pour que ce mécanisme puisse être crédible, il faudrait une charge d'explosif suffisante pour entraîner l'ouverture d'un trou béant entre le réservoir et la galerie de drainage. Compte tenu de l'épaisseur de béton dans cette zone (3m), la quantité d'explosif se compte en centaines de kilogrammes, à positionner exactement à l'endroit indiqué sur l'illustration ci-dessous :



Cette zone étant située à plus de 10 mètres de profondeur, entre les piles, il semble difficilement concevable qu'une charge de plusieurs centaines de kilogrammes puisse être positionnée précisément à cet endroit par une frappe de missile ou d'obus. Si une telle hypothèse devait être retenue, il s'agirait d'une charge amenée par plongeurs.

Même dans cette hypothèse, si un tel mécanisme peut potentiellement expliquer la rupture, il ne permet en revanche pas d'expliquer les dégâts constatés au cours des semaines précédentes (bajoyer et piles de pont)

*b. Hypothèse d'une rupture du radier aval créée par une chute d'un missile visant le pont*

Cette hypothèse a été évoquée suite à la note mentionnant l'hypothèse d'une fosse d'érosion aval. Suivant cette hypothèse, la fosse d'érosion à l'aval du barrage, qui aurait emporté les piles du pont, aurait pu résulter d'un endommagement du radier par la suite d'une explosion due à un bombardement qui visait initialement le pont-route.

Suivant cette explication, le scénario serait le suivant :

- Août 2022 : bombardements (HIMARS) visant le pont-route dans la zone des passes 2/3/4 ; un ou plusieurs des missiles ratent leur cible et tombent dans l'eau, puis explosent en profondeur au contact du radier,
- Le radier se trouve endommagé dans cette zone, puis continue à se dégrader, jusqu'à partir en morceaux, emportant les piles du pont, puis, après creusement de la fosse d'érosion, le barrage.

Cette explication semble peu crédible ; pour que celle-ci « tienne », il faudrait que :

- Lors de la chute d'un missile de HIMARS dans l'eau, celui-ci n'explose pas immédiatement, mais coule, et n'explose qu'une fois au contact du béton (pour rappel, on se trouve en pleine zone de remous très violents) ; il appartiendrait à des spécialistes en missiles de se prononcer sur la possibilité de créer une telle explosion au fond de la fosse d'érosion, cette possibilité ne peut, à priori, que laisser très sceptique,
- La charge d'un missile HIMARS est de quelques dizaines de kilogrammes d'explosifs. Même en cas d'explosion sous l'eau, il me semble invraisemblable qu'un endommagement significatif d'une dalle en béton de 4 m d'épaisseur puisse résulter d'une telle explosion.

Au final, il semble évident que l'hypothèse d'une rupture de l'ouvrage qui serait la conséquence, volontaire ou involontaire, de frappes ukrainiennes, doit être écartée.



##### 5. Éléments contextuels qui font douter d'une démolition volontaire

###### Pourquoi il est difficilement imaginable que les russes aient voulu démolir le barrage :

- Si, réellement les russes étaient pleinement maîtres de l'ouvrage, et capables de l'exploiter selon leur volonté, vu que la capacité de l'évacuateur de crues toutes vannes ouvertes est de plus de 20 000 m<sup>3</sup>/s (environ 8 fois la crue de 1910 à Paris), il était largement possible de créer une crue noyant l'aval sans démolir l'ouvrage (ce qui aurait même permis, en le reemplissant de pouvoir recommencer une seconde « chasse » ultérieurement),
- Quand bien même ils n'auraient pas été en capacité d'exploiter l'ouvrage, il semblait plus simple de démolir uniquement les vannes, pour un résultat à l'aval presque identique,
- Si l'objectif est de bloquer un franchissement de vive force du Dniepr par l'armée ukrainienne, on peut s'interroger sur la temporalité de l'opération : Pourquoi ne pas avoir attendu que les ukrainiens établissent une tête de pont et un pont flottant, pour effectuer une grosse chasse, et renvoyer au large toutes les embarcations ukrainiennes, tout en coupant la tête de pont ukrainienne de ses bases, et en la noyant ou en l'embourbant ? Une rupture survenue quelques jours après un tel franchissement aurait clairement un sens tactique,
- Après quelques mois, une fois l'eau écoulée et les rives ressuyées, la situation redeviendra identique à la situation précédant l'accident, mais sans l'« épée de Damoclès » du lâcher d'eau sur l'opération de franchissement ; de ce point de vue, on pourrait même être tenté de dire qu'une opération de franchissement du Dniepr était matériellement impossible en raison du risque que faisait courir ce barrage, et est maintenant rendue possible par la destruction du barrage,
- En outre, il n'est pas impossible que se trouvent, à l'amont du barrage, des zones qui pourraient être propices à un franchissement maintenant qu'il n'y a plus de réservoir (en particulier vers l'objectif stratégique de la centrale d'Energodar).

L'ensemble de ces raisonnements conduisent à mettre en doute que les russes aient pu trouver un quelconque intérêt tactique ou stratégique à détruire le barrage dans la nuit du 5 au 6 Juin.

En outre, l'interruption de l'alimentation en eau de la Crimée et des plaines du Sud, tenues par les Russes, renforce le caractère opposée à l'intérêt de la Russie de la destruction de ce barrage.

###### Pourquoi il est difficilement imaginable que les ukrainiens aient voulu démolir le barrage :

Comme vu précédemment, d'un point de vue tactique, la destruction du barrage n'amène pas réellement de perte d'opportunité pour l'armée ukrainienne à court terme (puisque le barrage faisait de toute manière courir le risque d'une « épée de Damoclès » sur toute opération de franchissement), mais est de nature, dans quelques mois, à potentiellement ouvrir quelques options tactiques à l'armée ukrainienne.

Pour autant, les impacts dramatiques de la destruction de ce barrage sur l'économie ukrainienne, après la fin de la guerre, seront tels (arrêt de la circulation des navires sur le Dniepr, arrêt de la centrale d'Energodar, arrêt de l'irrigation dans le Sud de l'Ukraine, etc.) qu'il semble inimaginable qu'ait pu germer l'idée de détruire ce barrage chez les dirigeants ukrainiens.