

**Journée technique « Cellule de
crise : organisation,
fonctionnement et
entraînement »**

CEREMA, Aix-en-Provence,
8 novembre 2018

Gérer l'incertitude en crise : l'exemple de la prévision des crues



Lionel Berthet,

DREAL Centre-Val de Loire, service de prévision des
crues Loire – Cher – Indre (**VIGICRUES**)



1. Un diagnostic
2. La démarche entreprise par le réseau *Vigicrues*
3. Comment gérer cette information en crise ?

Pourquoi des incertitudes en prévision des crues ?

- De multiples sources d'incertitude
 1. Les données d'entrée sont limitées
 - Incertitudes sur la mesure en rivière (hauteur)
 - Incertitudes sur la conversion en débit
 - Incertitudes sur les observations et les prévisions météorologiques (la grande inconnue)
 2. Incertitudes des modèles et outils de prévision
 - Des représentations simplifiées de la nature
 3. Incertitudes humaines



Faut-il tenir compte de ces incertitudes en crise ?

- Connaître et quantifier l'incertitude de prévision : un enjeu majeur pour les modélisateurs
 - Pour mieux comprendre les limites des modèles
 - Pour les améliorer
- Connaître et quantifier l'incertitude de prévision : un enjeu en gestion de crise ou une information plus complexe qu'utile ?
 - Utiliser le « scénario » le plus vraisemblable ?
 - ➔ N'avons-nous pas une « préférence » entre les fausses alertes et les événements manqués ?
 - Se baser sur le scénario du pire ?
 - ➔ Existe-t-il ?

Comment gérer ces incertitudes ?

Diagnostic du CST du SCHAPI



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

DIRECTION RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DU LOGEMENT

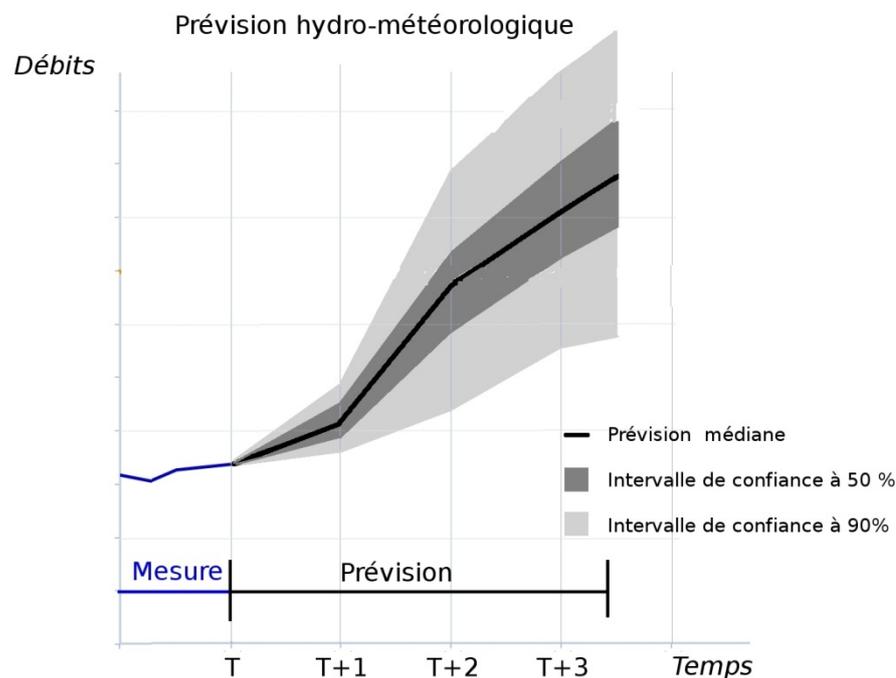
CENTRE-VAL DE LOIRE

Que faire avec les incertitudes en prévision des crues ?

- Bilan du groupe de travail « *Incertitudes* » du Conseil scientifique et technique du SCHAPI
 - piloté par Éric Gaume (IFSTTAR) de 2012 à 2014
 - ➔ <http://pch.metier.e2.rie.gouv.fr/restitution-du-groupe-de-travail-sur-les-r624.html> (annexe B)
- Une réflexion construite autour de 3 questions
 1. Degré d'incertitude acceptable pour les utilisateurs
 2. Estimation quantitative des incertitudes
 3. Représentation et communication des prévisions

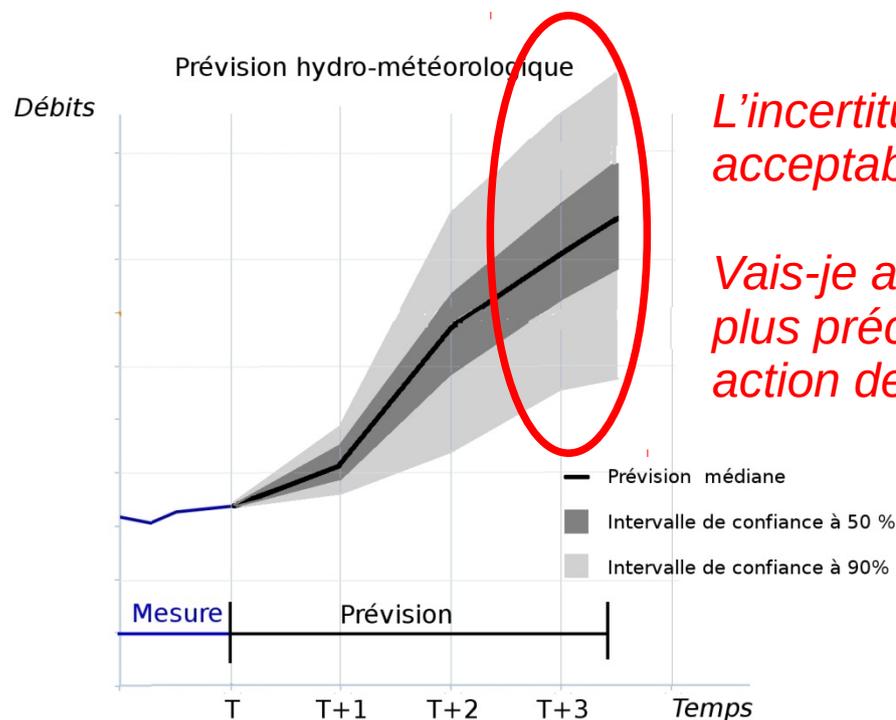
1^{er} constat : l'incertitude est.

1. Les services de prévision font au mieux
 - l'incertitude est subie, c'est une donnée du problème
2. Incertitudes et horizons de prévision sont liés
 - Limiter l'incertitude prise en compte revient à limiter les délais d'anticipation



1^{er} constat : l'incertitude est

1. Les services de prévision font au mieux
 - l'incertitude est subie, c'est une donnée du problème
2. Incertitudes et horizons de prévision sont liés
 - Limiter l'incertitude prise en compte revient à limiter les délais d'anticipation



L'incertitude à 3 jours est-elle acceptable ?

Vais-je attendre une prévision plus précise pour démarrer une action de gestion de crise ?

1^{er} constat : l'incertitude est

1. Les services de prévision font au mieux
 - l'incertitude est subie, c'est une donnée du problème
2. Incertitudes et horizons de prévision sont liés
 - Limiter l'incertitude prise en compte revient à limiter les délais d'anticipation

 **La non-décision n'existe pas : reculer une action dans l'attente d'informations plus précises est une décision qui a des conséquences**

S'agit-il d'une incertitude inacceptable ou d'un report acceptable ?

1^{er} constat : l'incertitude est

1. Les services de prévision font au mieux
 - ➔ l'incertitude est subie, c'est une donnée du problème
2. Incertitudes et horizons de prévision sont liés
 - ➔ Limiter l'incertitude prise en compte revient à limiter les délais d'anticipation
3. Faut-il rechercher une « incertitude *acceptable* pour les utilisateurs » ?
 - Les utilisateurs sont nombreux et divers
 - pas de réponse unique quant à l'acceptabilité des incertitudes
 - ➔ Il faut communiquer cette incertitude pour que les différents acteurs puissent déterminer leur usage



DIRECTION RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DU LOGEMENT

CENTRE-VAL DE LOIRE

2^e constat : le niveau d'incertitude est informatif

- Décider, c'est prendre un risque (si possible calculé)
- Une prévision est une information expertisée, parmi d'autres, pour la prise de décision
 - partielle,
 - incomplète,
 - incertaine
- ➔ Le niveau d'incertitude est une information et un élément de décision
- ➔ Masquer les incertitudes, ce peut être tromper l'utilisateur

■ Les utilisateurs évaluent les incertitudes si elles ne sont pas explicitées (Morss *et al.*, 2008)



Qui décide ?

- Les décisions dépendent des « utilités », de l'aversion au risque des agents.
 - Chaque utilisateur de l'information est particulier.
- Elles se traduisent par un équilibre entre épisodes manqués et fausses alertes.
- ➔ Le prévisionniste ne peut et ne doit se mettre à la place de l'utilisateur.
- ➔ Prévision et décision doivent absolument être distinguées.
- ➔ La décision doit s'ajuster à l'information et non le contraire.



S'y préparer

- Obstacles institutionnels à la diffusion des incertitudes
 - certains usagers attendent des prévisions « précises » (Houdant, Norbert *et al.*, 2010)
 - Rien ne se fera sans sensibilisation de la chaîne allant des prévisionnistes aux utilisateurs
- 1. Dissocier nettement la prévision et la décision
 - La prévision est une information expertisée, pas de jugement sur la décision
 - ➔ Définir en amont la forme des prévisions avec les usagers
- 2. Préparer les règles de décision sur la base de prévisions « incertaines »
- 3. Familiarisation et apprentissage nécessaire des usagers et prévisionnistes

➔ Formation et fréquence des prévisions



Démarche mise en œuvre par le réseau *Vigicrues*

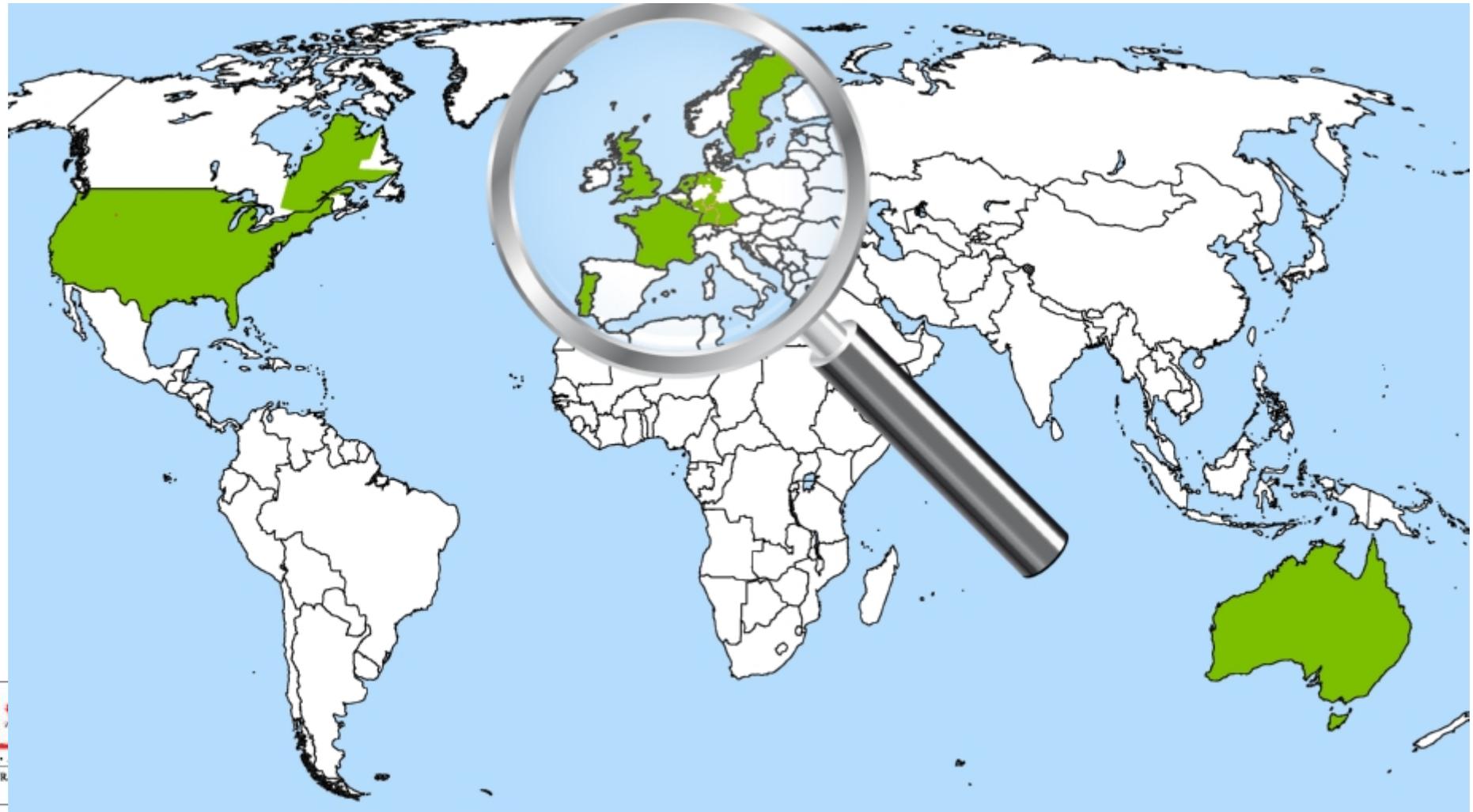


Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

DIRECTION RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DU LOGEMENT

CENTRE-VAL DE LOIRE

Parangonnage



Liberté • Égalité •
RÉPUBLIQUE FR

DIRECTION RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DU LOGEMENT

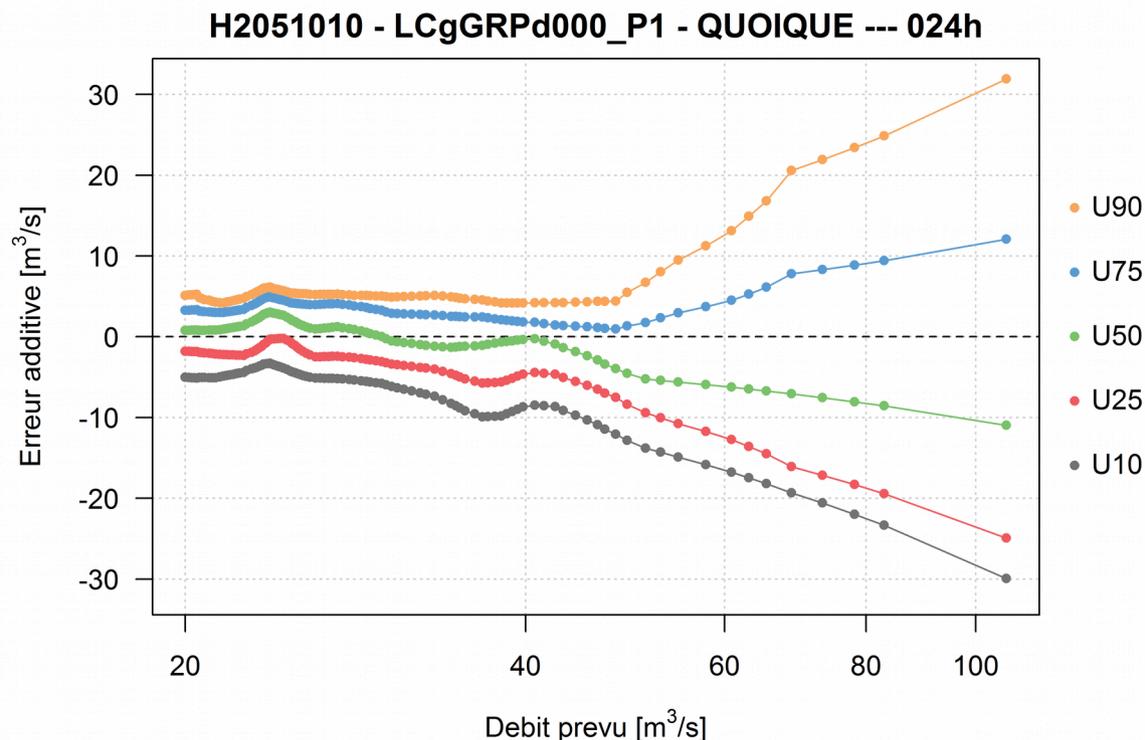
CENTRE-VAL DE LOIRE

Journée technique « Cellule de crise : organisation fonctionnement entraînement », 8 novembre 2018

Gérer l'incertitude en crise : l'exemple de la prévision des crues

Estimation des incertitudes

- Combinaison de 2 approches
 1. Estimation « *objective* » de l'incertitude du modèle de prévision « en bonnes conditions »
 - ➔ **OTAMIN** : un outil statistique basé sur de nombreux rejeux du modèle
 - Estimation de l'incertitude en fonction de la magnitude prévue



Estimation des incertitudes

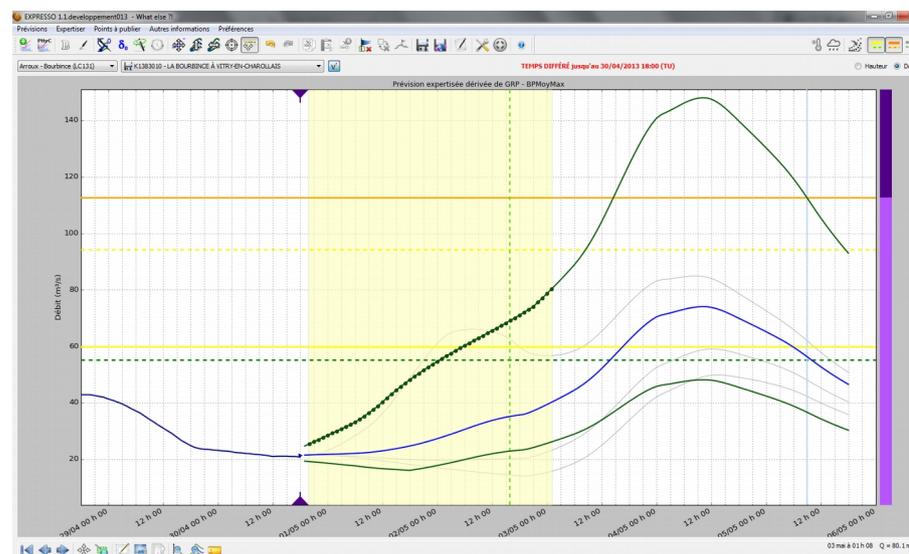
- Combinaison de 2 approches

1. Estimation « *objective* » de l'incertitude du modèle de prévision « en bonnes conditions »

- ➔ **OTAMIN** : un outil statistique basé sur de nombreux rejeux du modèle
- Estimation de l'incertitude en fonction de la magnitude prévue

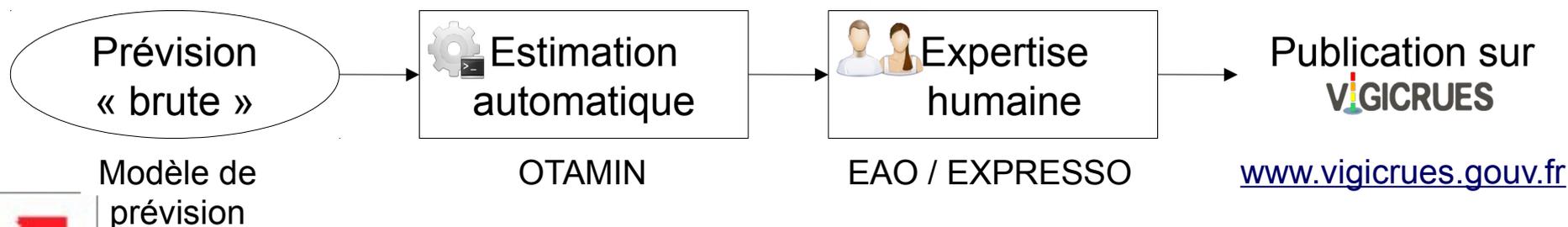
2. Estimation « *subjective* » de l'incertitude totale

- sur la base de l'estimation « initiale » par OTAMIN
- par le prévisionniste



Estimation des incertitudes

- Combinaison de 2 approches
 1. Estimation « *objective* » de l'incertitude du modèle de prévision « en bonnes conditions »
 - ➔ **OTAMIN** : un outil statistique basé sur de nombreux rejus du modèle
 - Estimation de l'incertitude en fonction de la magnitude prévue
 2. Estimation « *subjective* » de l'incertitude totale
 - sur la base de l'estimation « initiale » par OTAMIN
 - par le prévisionniste



Communication des incertitudes de prévision

- Sur le site www.vigicrues.gouv.fr

Accueil > Loire-Bretagne > Territoire Loire-Cher-Indre > Station Rigny-sur-Arroux (Arroux)

Station Rigny-sur-Arroux (Arroux)

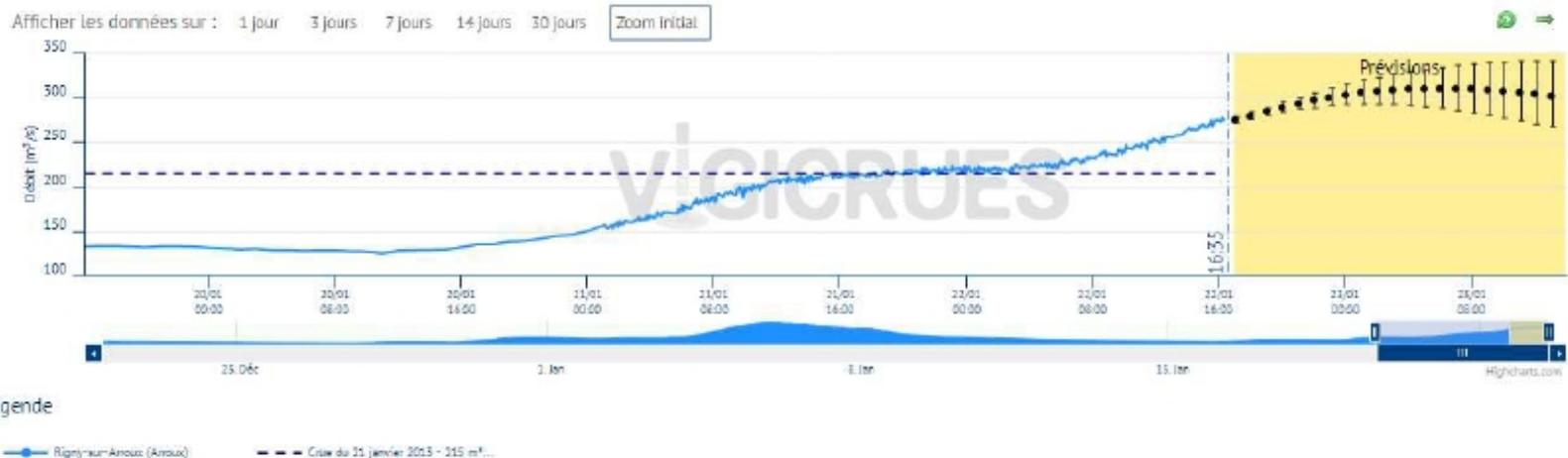
Commentaires à la station



Prévision : Comment lire les courbes de prévision (tendances) : la tendance basse a 9 chances sur 10 d'être dépassée ; la tendance centrale a 5 chances sur 10 d'être dépassée ; la tendance haute a 1 chance sur 10 d'être dépassée.

Graphique Observation Prévision Info station

Rigny-sur-Arroux (Arroux) - Débit - 22/01/2018 16:35



Les observations sont des données brutes non expertisées.



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

DIRECTION RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DU LOGEMENT

CENTRE-VAL DE LOIRE

Journée technique « Cellule de crise : organisation fonctionnement entraînement », 8 novembre 2018

Gérer l'incertitude en crise : l'exemple de la prévision des crues

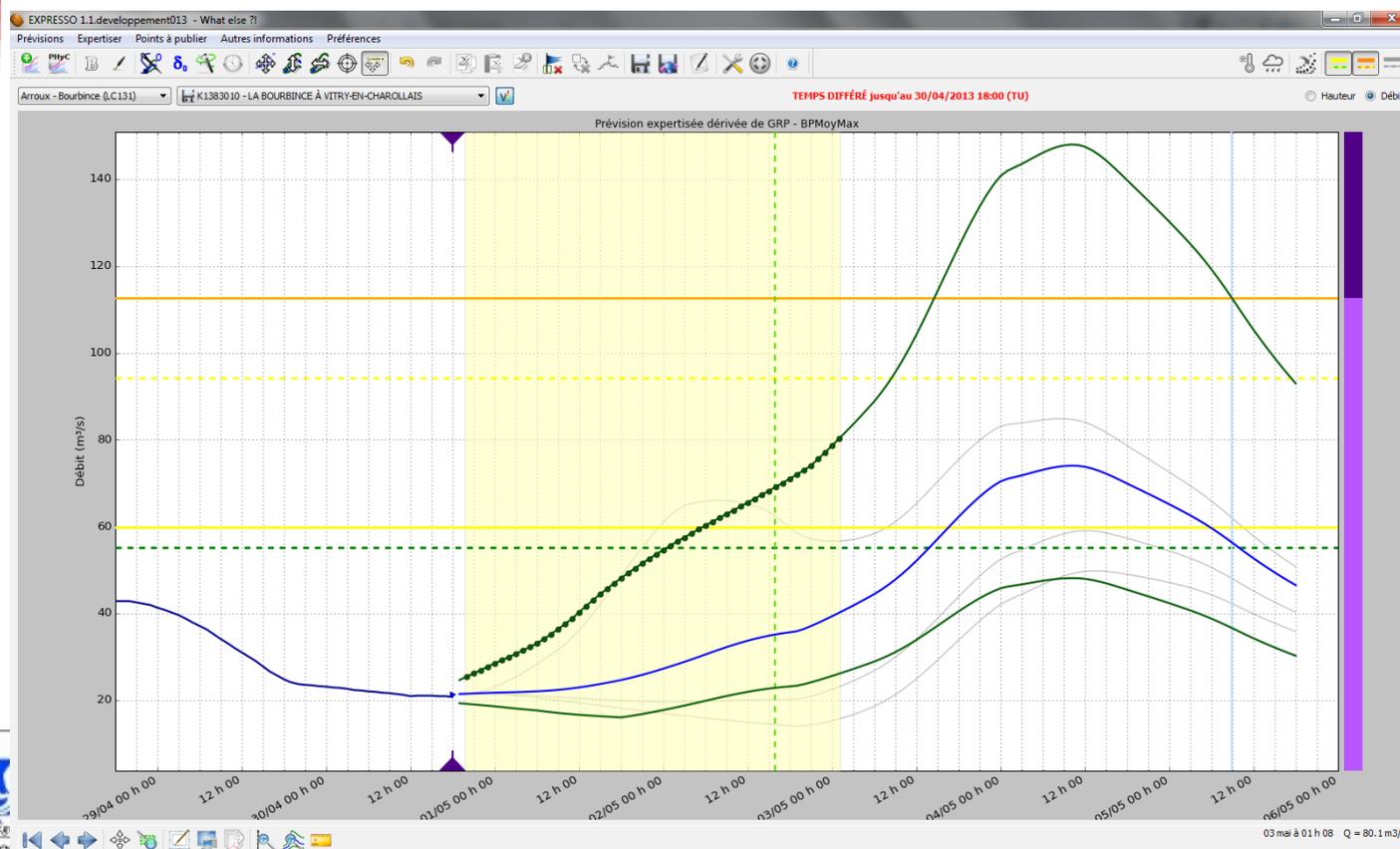
Communication des incertitudes de prévision

- Sur le site www.vigicrues.gouv.fr
- Dans les échanges avec les gestionnaires de crise en préfecture
- Pas une nouveauté en soi : le passage de l'implicite vers l'explicite
- ➔ Une clarification facilitatrice du dialogue en crise



Retour d'expérience

- Les incertitudes sont estimées via 3 valeurs correspondant à des probabilités de (non) dépassement



Probabilité que l'observation dépasse les « *tendances* »

Tendance « haute » :
1 chance sur 10

Tendance « centrale » :
1 chance sur 2

Tendance « basse » :
9 chances sur 10



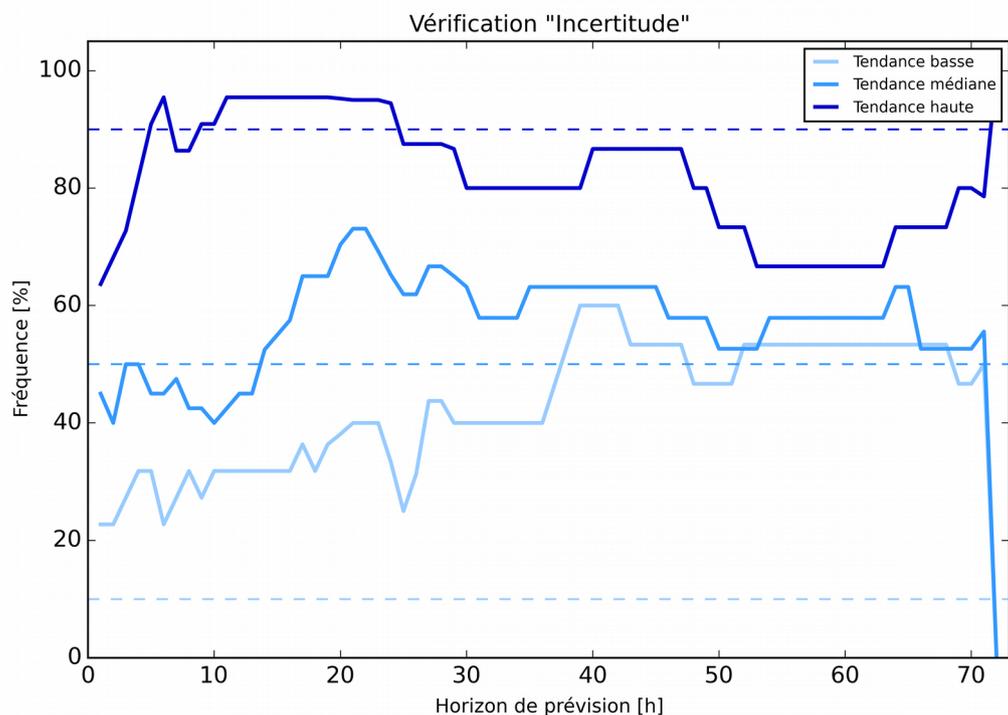
Liberté • Ég
RÉPUBLIQ

DIRECTION RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DU LOGEMENT

CENTRE-VAL DE LOIRE

Retour d'expérience

- Contrôle *a posteriori*
 - régulièrement (chaque année)
 - à l'issue de chaque crue



Fréquence de non dépassement de chacun de nos trois quantiles (10, 50 et 90 %) sur les prévisions à Gilly-sur-Loire publiées en 2014 (traits pleins ; les traits pointillés indiquent les probabilités associés aux quantiles (les valeurs cibles))



DIRECTION RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DU LOGEMENT

CENTRE-VAL DE LOIRE

Journée technique « Cellule de crise : organisation fonctionnement entraînement », 8 novembre 2018

Gérer l'incertitude en crise : l'exemple de la prévision des crues

Comment gérer cette information en crise ?



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

DIRECTION RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DU LOGEMENT

CENTRE-VAL DE LOIRE

1^{er} retour d'expérience

- Les crues de mai et juin 2016 dans le bassin de la Loire
 - Des crues généralisées et pour certaines historiques sur de nombreuses rivières (Cher, Sauldre, Yèvre, Cosson, Beuvron, ...)



1^{er} retour d'expérience

- Des retours positifs de la majorité des préfectures
 - Préfecture du Cher : « *Le COD a plutôt « bien vécu » l'outil, compte tenu des explications claires de la DDT en COD »* »
 - « *Associées à d'autres informations, les prévisions avec incertitudes permettent de projeter une évacuation à venir et ses éventuels impacts :*
 - *les cartographies*
 - *les remontées du terrain (comme les surveillances des digues) »*



1^{er} retour d'expérience

- Mais des limites en l'absence d'accompagnement adapté
 - Ressenti d'abandon du décideur
 - Ressenti de complication de la prise de décision
- Au contraire si bien expliqué et préparé : « *éclaircissement sur la situation* »



Un exemple de préparation

- À l'occasion de la révision du plan ORSEC zonal Inondation de la zone de Défense Ouest

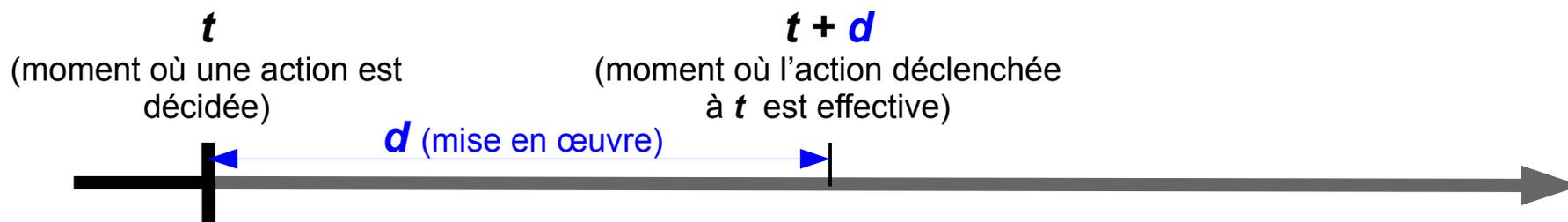
- 1. Expliciter le lien entre anticipation nécessaire et incertitude associée à cette anticipation

- 2. Proposer un cadre pour construire une aide à la décision :
 - ➔ Réfléchir à l'« équilibre » à rechercher entre événements manqués et fausses alertes ?
 - ➔ En déduire le degré de probabilité minimal pour lancer une mesure de gestion de crise (hors « cas particulier »)

Un exemple de préparation

1. Expliciter le lien entre

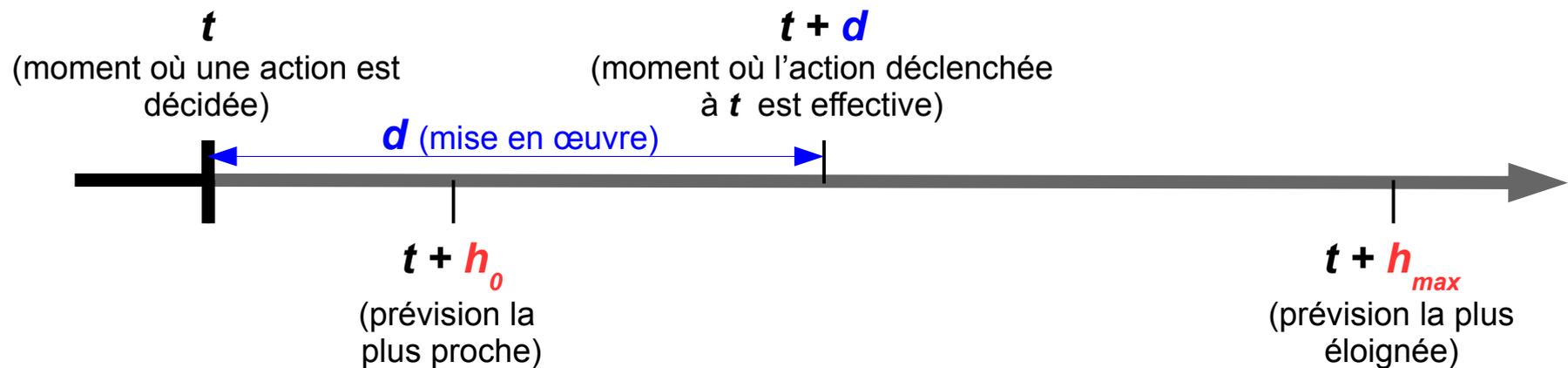
- d : anticipation nécessaire (délai de mise en œuvre d'une mesure de gestion de crise)



Un exemple de préparation

1. Expliciter le lien entre

- d : anticipation nécessaire (délai de mise en œuvre d'une mesure de gestion de crise)
- h : l'horizon de prévision et l'incertitude associée à cet horizon



Incertitude croissante



DIRECTION RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DU LOGEMENT
CENTRE-VAL DE LOIRE

Un exemple de préparation

1. Expliciter le lien entre

- ***d*** : anticipation nécessaire (délai de mise en œuvre d'une mesure de gestion de crise)
- ***h*** : l'horizon de prévision et l'incertitude associée à cet horizon
- Exemples :
 - Pour évacuer le val de Tours (130 000 personnes), il faut entre 4 et 6 jours
 - dont 2 jours de mesures réversibles
 - suivies de 2 à 4 jours de mesures irréversibles

Un exemple de préparation

1. Expliciter le lien entre

- ***d*** : anticipation nécessaire (délai de mise en œuvre d'une mesure de gestion de crise)
 - ***h*** : l'horizon de prévision et l'incertitude associée à cet horizon
- C'est le délai ***d*** de mise en œuvre des mesures qui impose l'anticipation ***h*** et non pas le niveau de certitude souhaité
- L'horizon de prévision ***h*** est choisi par l'utilisateur (dans la limite du faisable intrinsèque)



Un exemple de préparation

2. Expliciter le degré de probabilité minimal pour lancer une mesure de gestion de crise
 - Définir dans le plan, des « guides » pour aider à décider une action :
« *Si la probabilité que l'eau atteigne le niveau de crise dans **h** heures, dépasse **p** %, alors le démarrage de l'action **A** de gestion de crise doit être décidé maintenant* »
 - Par exemple , à J0 : démarrage des mesures préparatoires à l'évacuation du val de Tours...
 - ? Est-il acceptable de prévoir dans le plan :
« *À J2, si les prévisions annoncent que le risque de dépassement du niveau de sûreté à Tours est d'environ 10 % (tendance haute), les autorités décident de stopper les préparatifs de l'évacuation du val d'Orléans et de Tours.* » ?

Un exemple de préparation

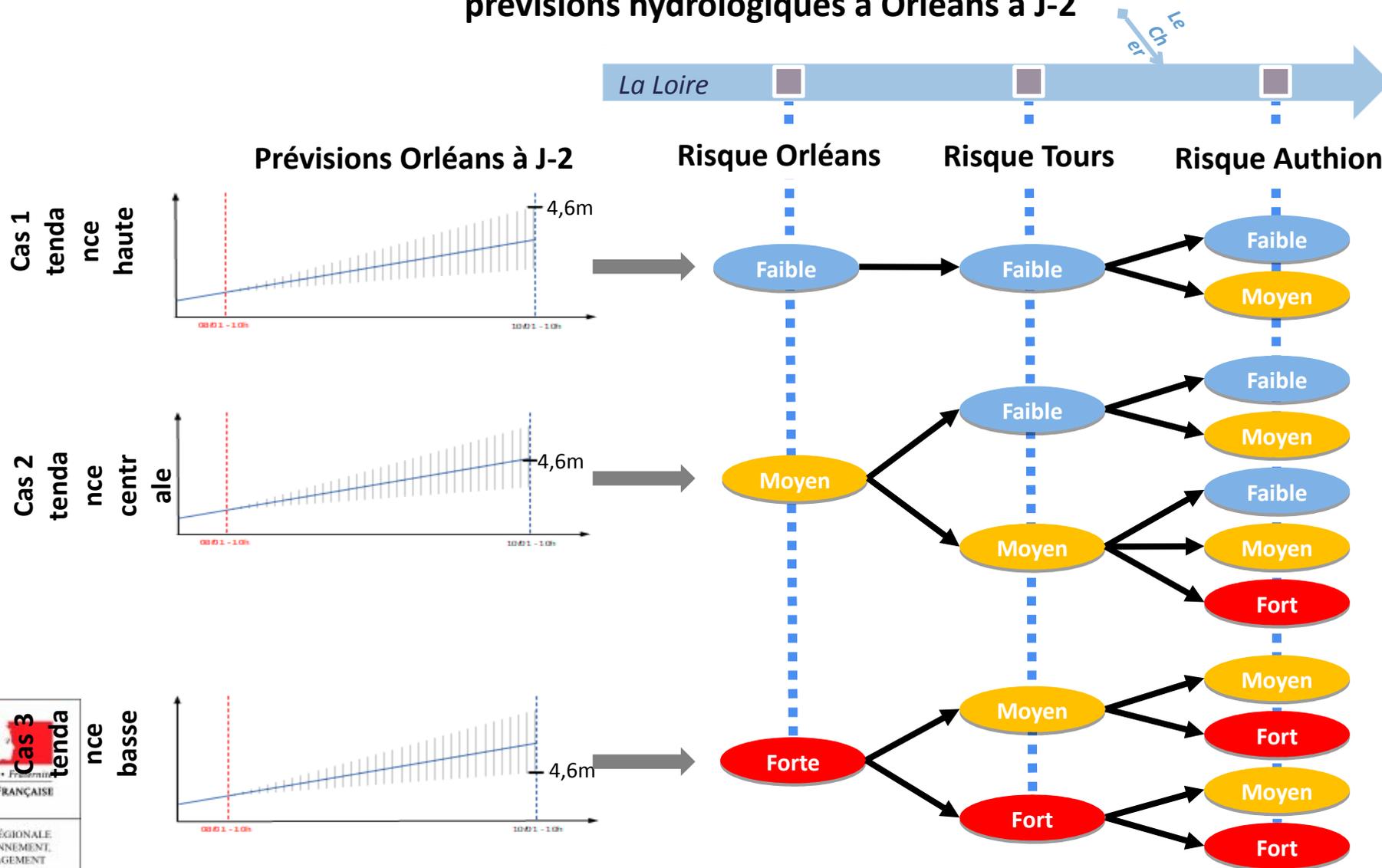
2. Expliciter le degré de probabilité minimal pour lancer une mesure de gestion de crise
 - Définir dans le plan, des « guides » pour aider à décider une action :
« Si la probabilité que l'eau atteigne le niveau de crise dans ***h*** heures, dépasse ***p*** %, alors
le démarrage de l'action ***A*** de gestion de crise doit être décidé maintenant »
 - Mesures réversibles : taux de fausses alertes acceptable élevé
 - ➔ Prise de décision sur la base d'une probabilité faible de la survenue de l'événement
 - Mesures irréversibles : taux de fausses alertes acceptable moins élevé mais taux d'événements manqués acceptable très faible
 - ➔ Prise de décision sur la base d'une probabilité moins faible de la survenue de l'événement, mais encore assez petite ?
- ➔ Ou plutôt le degré de probabilité maximal pour ne pas lancer la mesure ?



Proposition : construire des arbres de décisions « binaires » sur la base de seuils de probabilités pour aider la prise de décision

Un exemple de préparation

Hypothèses sur les risques de dépassement du niveau de sûreté en fonction des prévisions hydrologiques à Orléans à J-2



Messages clefs

- L'incertitude des prévisions de crue est à ce jour inévitable pour des horizons dépassant une fraction du temps de réaction
- C'est le délai de mise en œuvre des mesures qui impose l'anticipation et non pas le niveau de certitude souhaité
 - Les besoins sont propres à chaque utilisateur
 - Certaines mesures peuvent se décider de façon progressive
- Il est possible de construire des aides à la décision sous forme de choix « binaires » en tenant compte de l'incertitude
- ➔ Par exemple, on peut proposer en préparation à la crise de réfléchir à l'équilibre « souhaitable » entre fausses alertes et événements manqués

Dans ces conditions, disposer d'une estimation de l'incertitude est un plus pour la prise de décision

Journée technique « Cellule de crise : organisation fonctionnement entraînement », 8 novembre 2018

Gérer l'incertitude en crise : l'exemple de la prévision des crues





Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

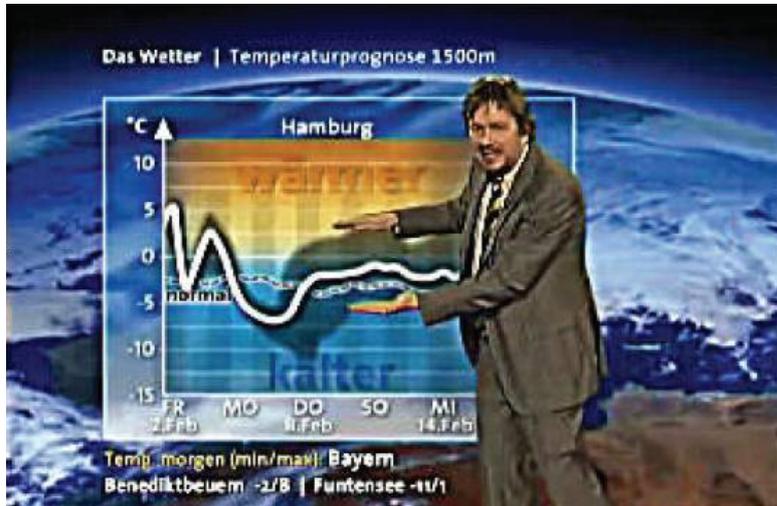
DIRECTION RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DU LOGEMENT

CENTRE-VAL DE LOIRE

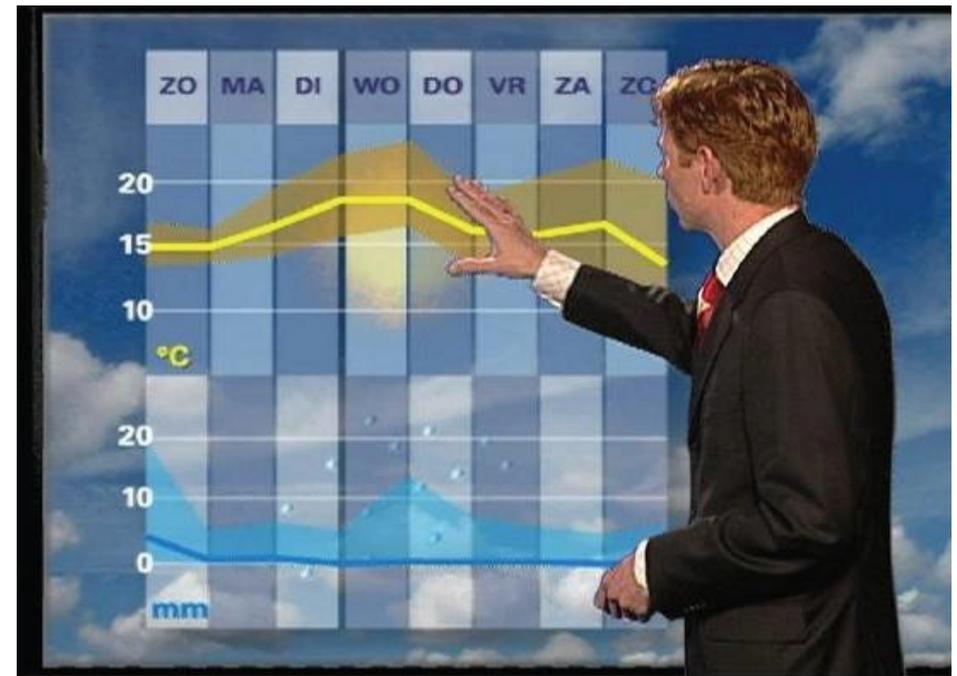
Journée technique « Cellule de crise : organisation fonctionnement entraînement », 8 novembre 2018

Gérer l'incertitude en crise : l'exemple de la prévision des crues

À la télévision en Europe



Allemagne



Pays-Bas

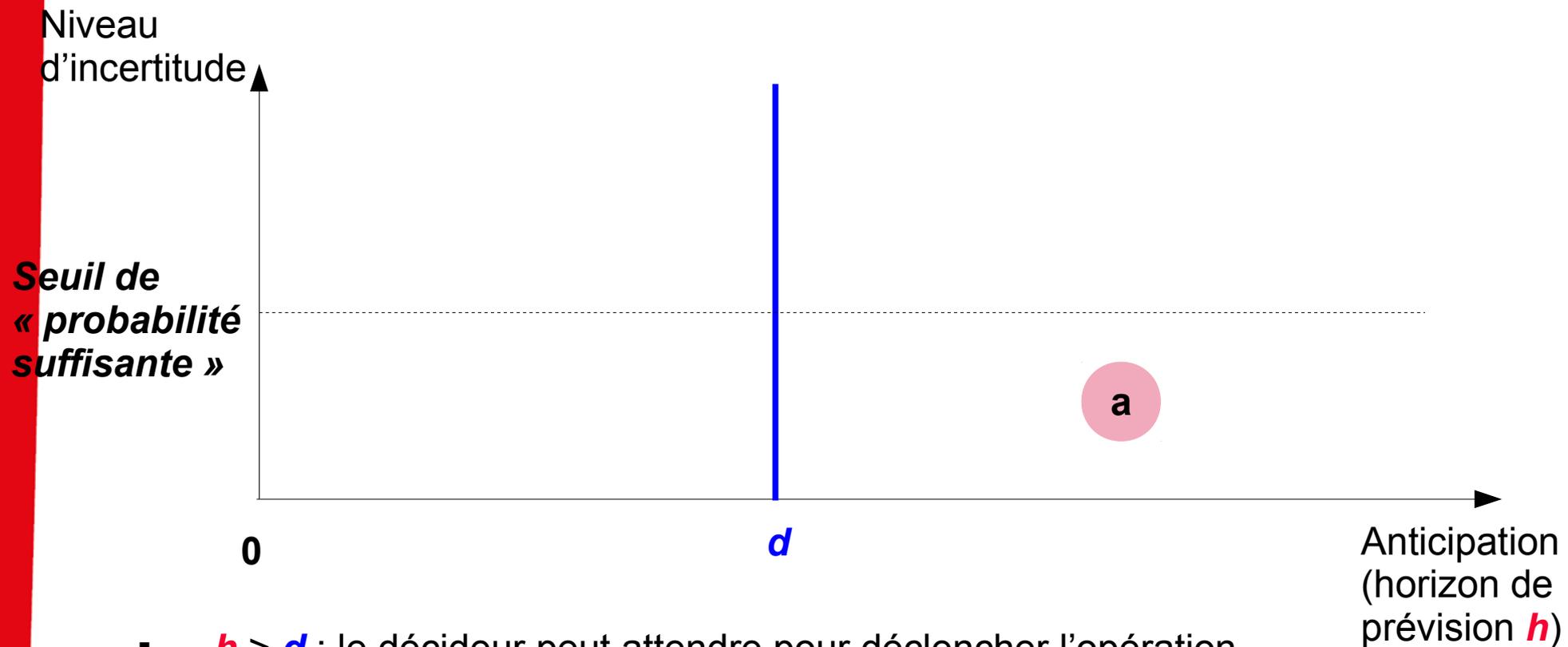


Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

DIRECTION RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DU LOGEMENT

CENTRE-VAL DE LOIRE

Lien avec le « contexte de probabilité élevée / suffisante »



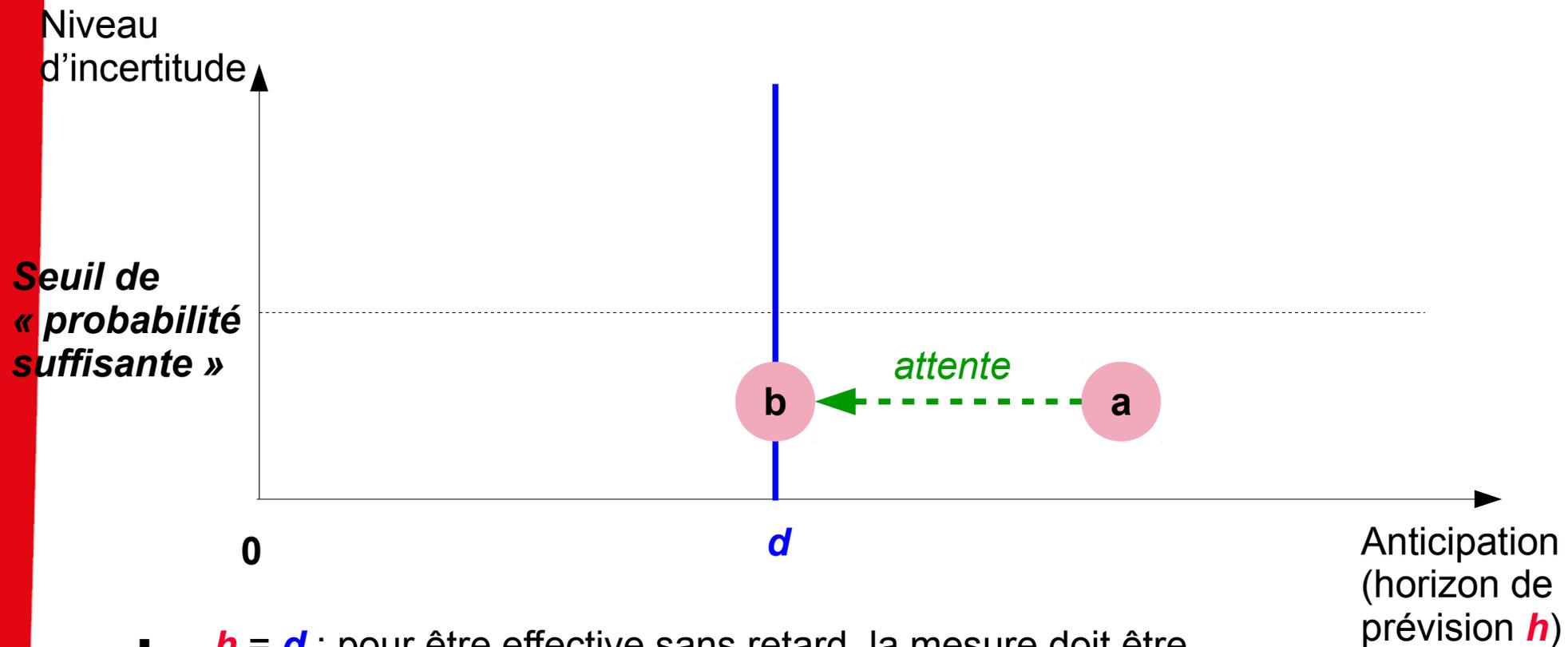
- $h > d$: le décideur peut attendre pour déclencher l'opération
- Connaissance de ce qui passera à $t + h$ et donc à $t + d$ avec une « probabilité suffisante »



a

Le décideur peut décider immédiatement (anticiper) ou attendre

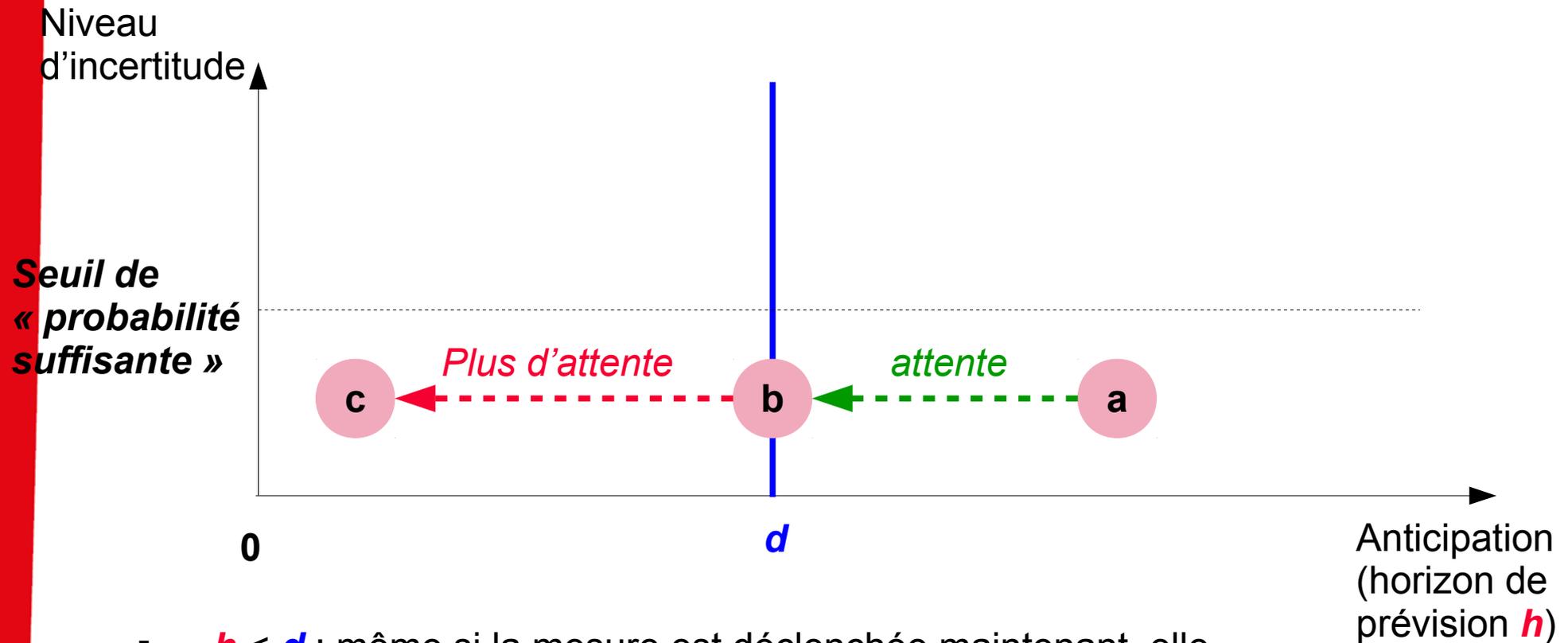
Lien avec le « contexte de probabilité élevée / suffisante »



- $h = d$: pour être effective sans retard, la mesure doit être déclenchée maintenant
 - Connaissance de ce qui passera à $t + d$ avec une « probabilité suffisante »
- b** → Le décideur doit décider maintenant pour que les mesures soient effectives (cas facile)



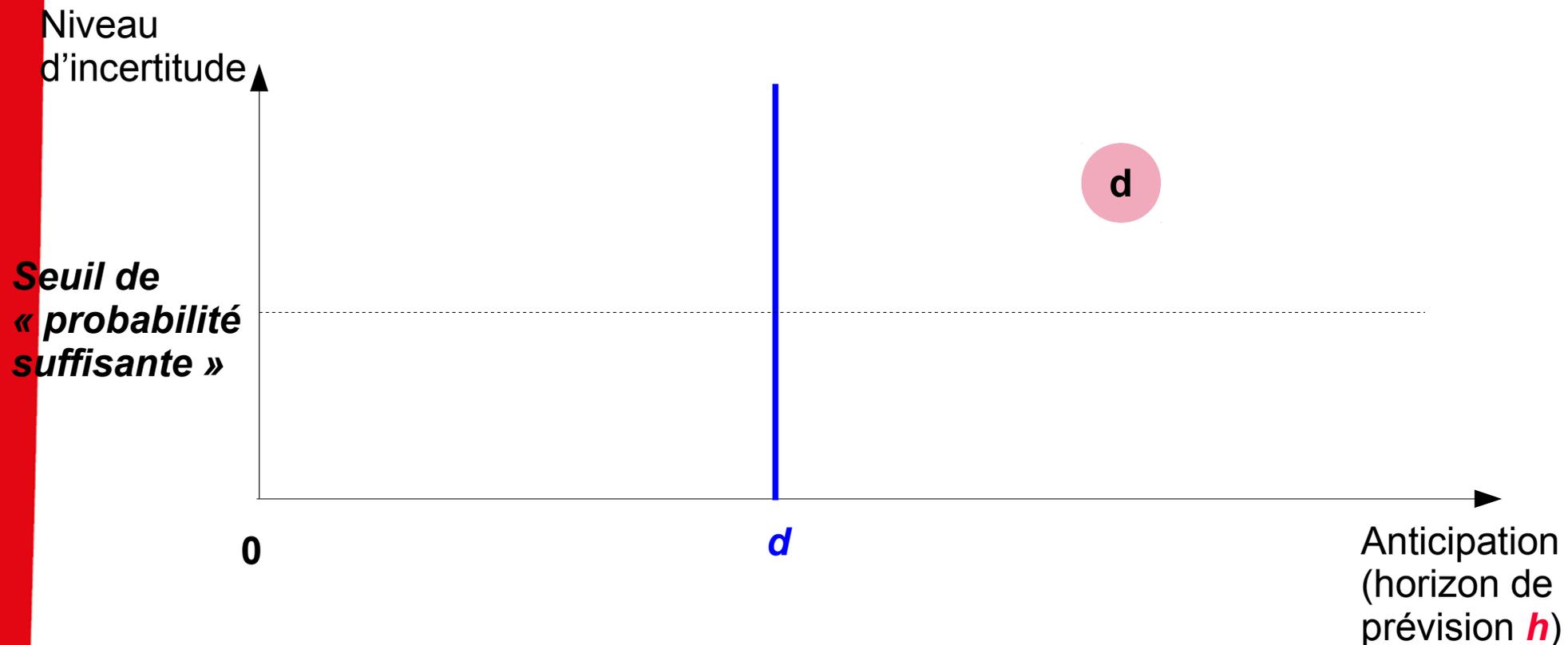
Lien avec le « contexte de probabilité élevée / suffisante »



- $h < d$: même si la mesure est déclenchée maintenant, elle ne sera pas pleinement effective à $t + d$
 - Connaissance de ce qui passera à $t + d$ avec une « probabilité suffisante »
- c** → Trop tard : la décision aurait dû être prise avant pour être effective (et pouvait l'être « confortablement »)



Lien avec le « contexte de probabilité élevée / suffisante »

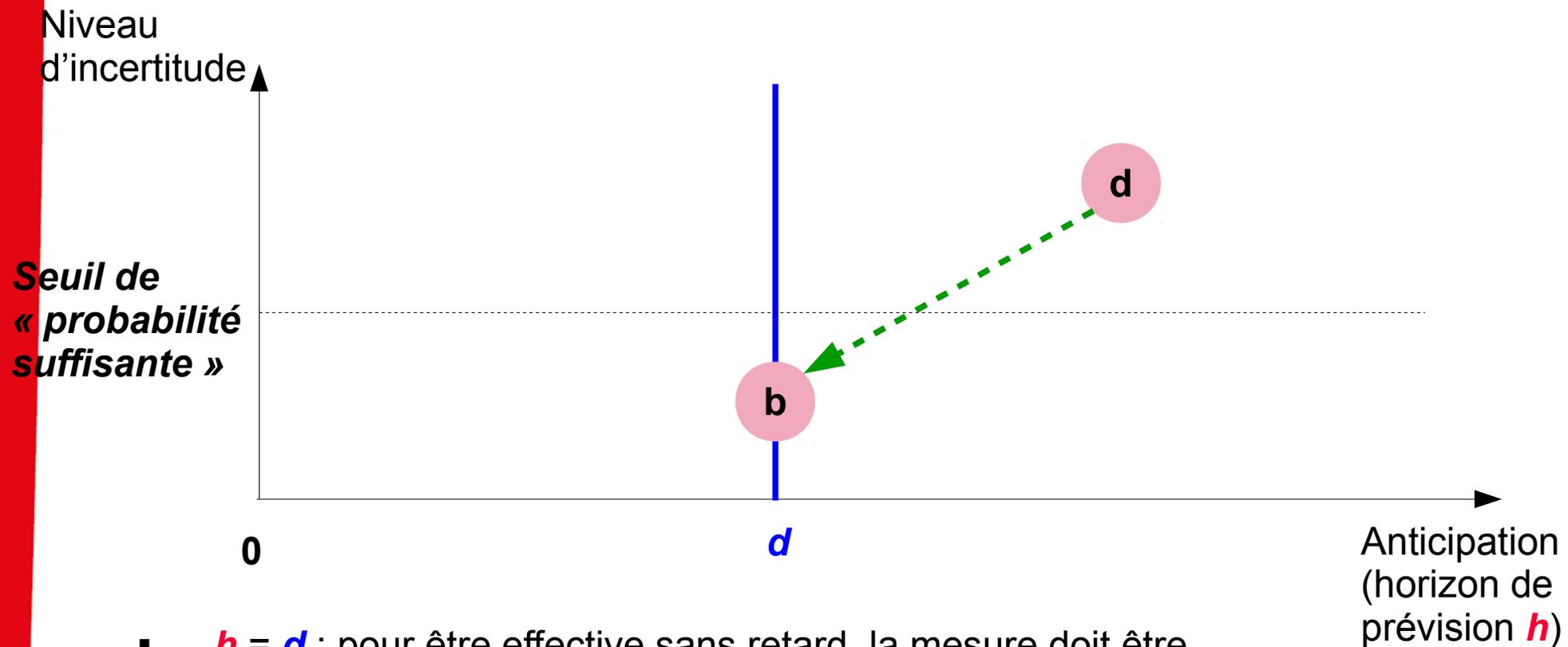


- $h > d$: le décideur peut attendre pour déclencher l'opération
- Connaissance de ce qui passera à $t + h$ et donc à $t + d$ avec une incertitude supérieure à celle « souhaitée » par le décideur



Le décideur attend d'en savoir plus

Lien avec le « contexte de probabilité élevée / suffisante »



- $h = d$: pour être effective sans retard, la mesure doit être déclenchée maintenant
- Ouf, il y a maintenant connaissance de ce qui passera à $t + d$ avec une « probabilité suffisante »

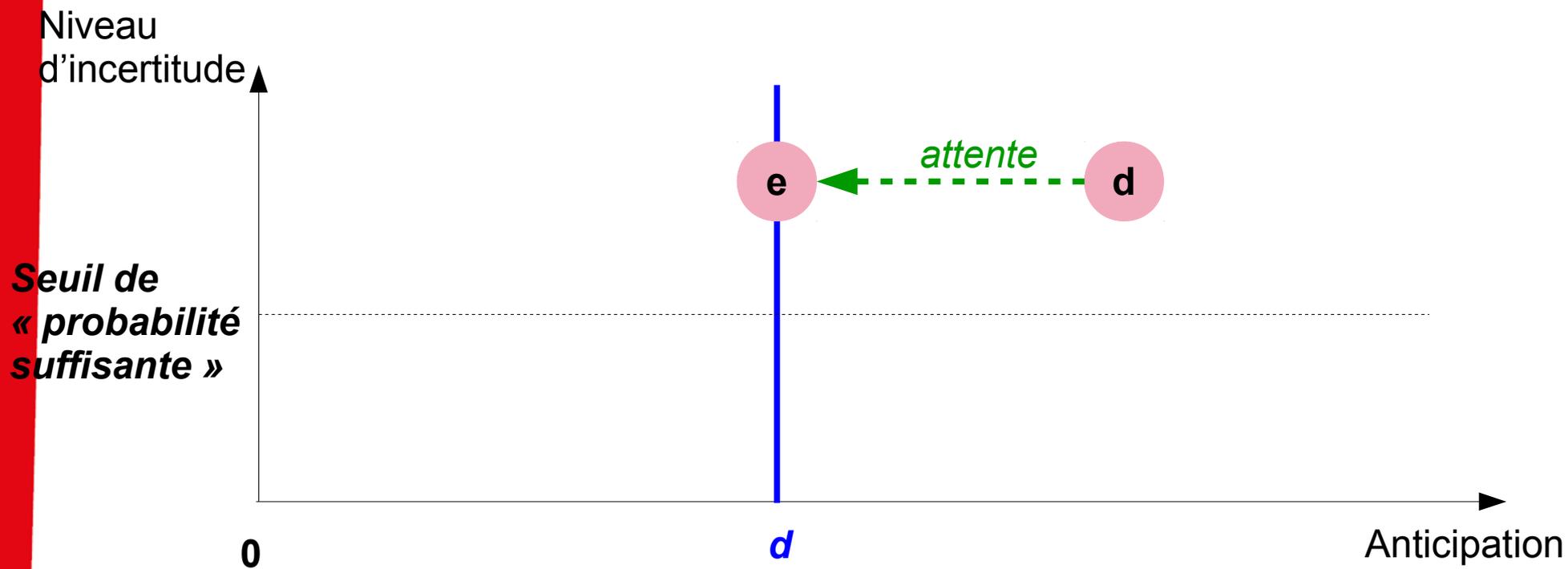


b → Le décideur doit décider (cas facile)

Journée technique « Cellule de crise : organisation fonctionnement entraînement », 8 novembre 2018

Gérer l'incertitude en crise : l'exemple de la prévision des crues

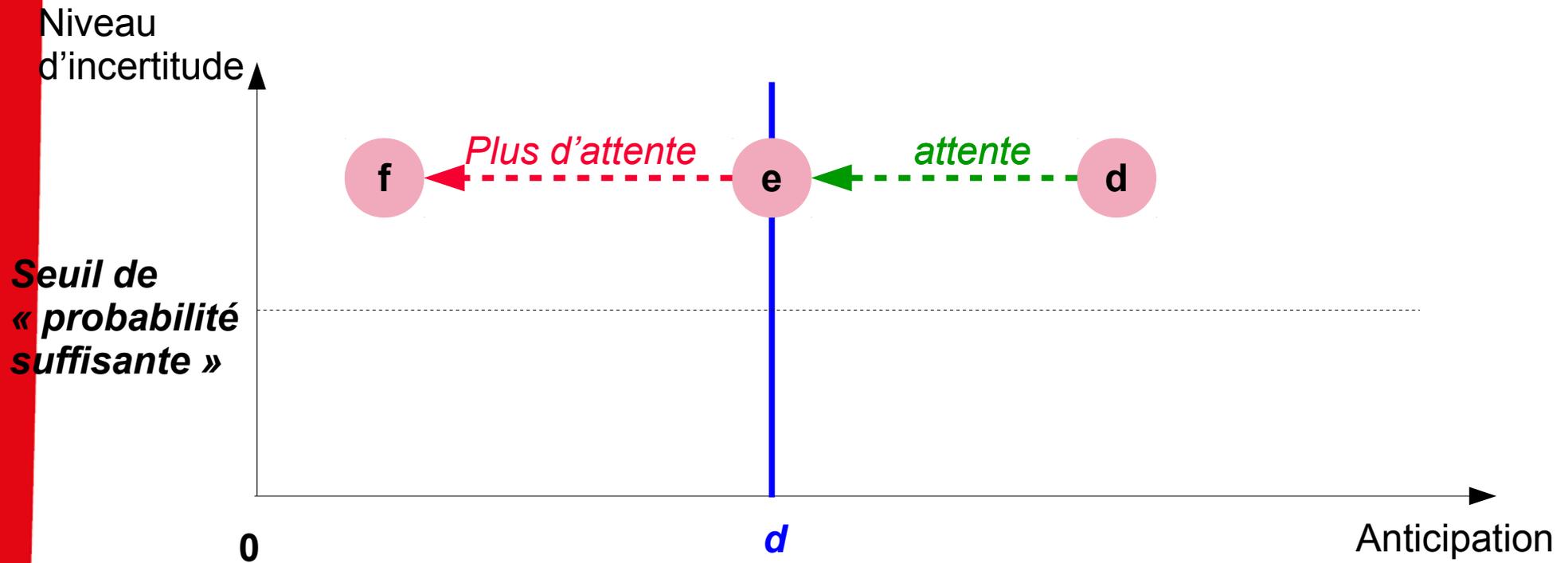
Lien avec le « contexte de probabilité élevée / suffisante »



- $h = d$: pour être effective sans retard, la mesure doit être déclenchée maintenant
 - Aie, connaissance de ce qui passera à $t + d$ avec une incertitude supérieure à celle « souhaitée » par le décideur
- e** → Le décideur doit décider (cas difficile), s'il veut que ses mesures soient effectives



Lien avec le « contexte de probabilité élevée / suffisante »



- $h < d$: même si la mesure est déclenchée maintenant, elle ne sera pas pleinement effective à $t + d$
- Aie, connaissance de ce qui passera à $t + d$ avec une incertitude supérieure à celle « souhaitée » par le décideur



f →

Trop tard : la décision aurait dû être prise avant pour être effective

Journée technique « Cellule de crise : organisation fonctionnement entraînement », 8 novembre 2018

Gérer l'incertitude en crise : l'exemple de la prévision des crues