



AREAS

Capacité d'infiltration des sols dans le contexte régional

Techniques alternatives de gestion des
eaux pluviales urbaines

AG AREAS – Infiltration des eaux
pluviales en milieu urbain

Parc de Clères – 30 mai 2018

Jérôme LEDUN





Un contexte local spécifique

↳ Région HN sensible aux inondations par coulées d'eau boueuse :

- Politique d'infiltration à la source (réduction ruissellement, recharge nappe,...)
- Vigilance des collectivités et des services de l'état (doctrine départementale 76)

↳ Perméabilité très variable sur sols de plateaux

- Limon battant / argile à silex / craie
- Perméabilité très variable localement
 - Tests préalables sur sol nu : <math>< 1\text{mm/h}</math> jusque
 - Mesures d'infiltration sur haies ->

↳ Sous-sol karstique

- Risque de (ré)ouverture de cavités
- Impact potentiel sur la nappe

↳ Quelques dysfonctionnements répertoriés

(nota compactage lors des travaux, étude de sol insuffisante)

Capacité d'infiltration en situation réelle ?



↘ La perméabilité d'un sol dépend de plusieurs paramètres

- Texture
- Epaisseur
- Fissuration / gonflement.
- Porosité verticale continue
- Activité biologique
- Couche imperméable, Hydromorphie, saturation, colmatage de surface
- Action homme (apport, compactage...)



↘ Quelle est la vitesse réelle d'infiltration dans les aménagements de gestion des eaux pluviales urbaines de la région ?



Etat des connaissances sur l'infiltration des eaux pluviales

↘ Des cas de colmatage des surfaces d'infiltration recensés sur certains types d'aménagements :

- bassin d'infiltration centralisé
- Tranchée d'infiltration enterrée

↘ Plusieurs paramètres peuvent influencer le colmatage

- Type de sol
- Apports de matières en suspension
- Sollicitation de l'aménagement
 - Dimensionnement (Surface d'infiltration / Surface active)
 - Alternance remplissage / temps sec
- Végétation



Ecopluies, 2009

↘ Des résultats existent sur d'autres types de sols mais pas sur les sols de la région (limon des plateaux)



Evaluation in-situ de l'infiltration

↳ Objectifs

- Acquérir des **références régionales** sur l'infiltration des eaux pluviales dans des aménagements existant depuis plusieurs années
- **Diffuser les résultats** à l'ensemble des acteurs de l'aménagement et de la gestion de l'eau (collectivités, services de l'Etat, bureaux d'études, aménageurs...) pour favoriser le développement de ces techniques en HN

↳ Méthode

- Recherche de sites de mesure et demandes d'autorisation
- Réalisation de mesures par différentes méthodes (globales ou ponctuelles)
- Enseignements en terme de conception / dimensionnement

↳ Financement

- Etat (FNADT) à 50%
- Département de Seine-Maritime
- Département de l'Eure



Typologie des aménagements rencontrés



↳ Des aménagements centralisés

→ Bassins d'infiltration



↳ Des aménagements intégrés

→ Noues d'infiltration sur sol en place

→ Espaces verts creux

→ Noues avec massif drainant sous-jacent

↳ Des aménagements enterrés

→ Tranchées drainantes

Typologie des aménagements rencontrés



↳ Des aménagements centralisés

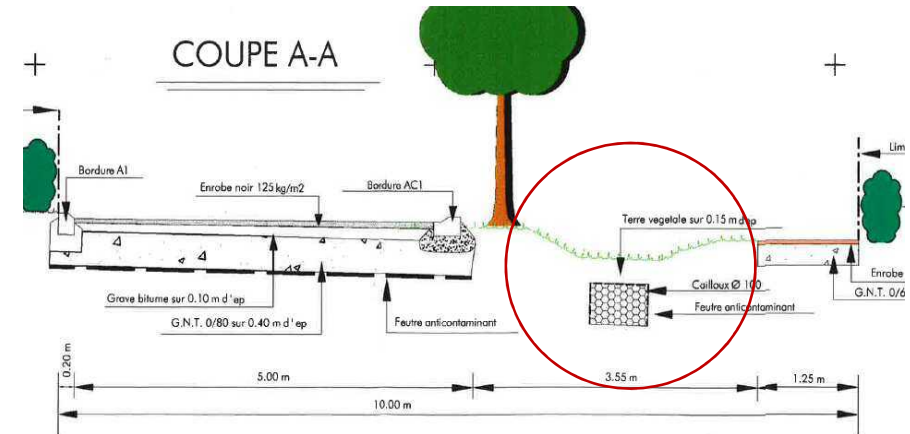
→ Bassins d'infiltration

↳ Des aménagements intégrés

→ Noues d'infiltration sur sol en place

→ Espaces verts creux

→ Noues avec massif drainant sous-jacent

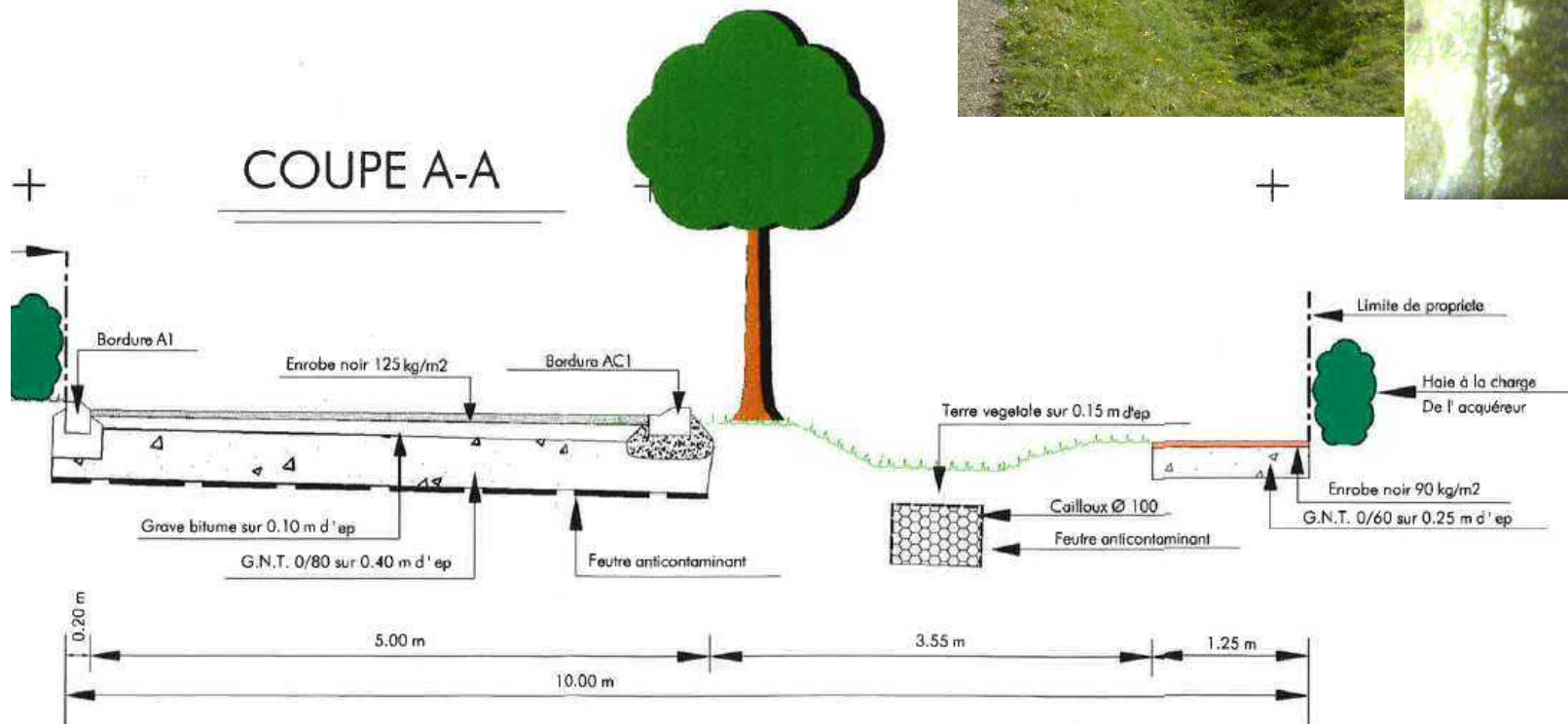


↳ Des aménagements enterrés

→ Tranchées drainantes

Noues drainées

- ↳ Des massifs drainants enterrés sous les noues
- ↳ connectés entre eux
- ↳ Avec rejet en surface au final



Typologie des aménagements rencontrés



↳ Des aménagements centralisés

→ Bassins d'infiltration

↳ Des aménagements intégrés

→ Noues d'infiltration sur sol en place

→ Espaces verts creux

→ Noues avec massif drainant sous-jacent

↳ Des aménagements enterrés

→ Tranchées drainantes



Des combinaisons d'aménagements qui évoluent

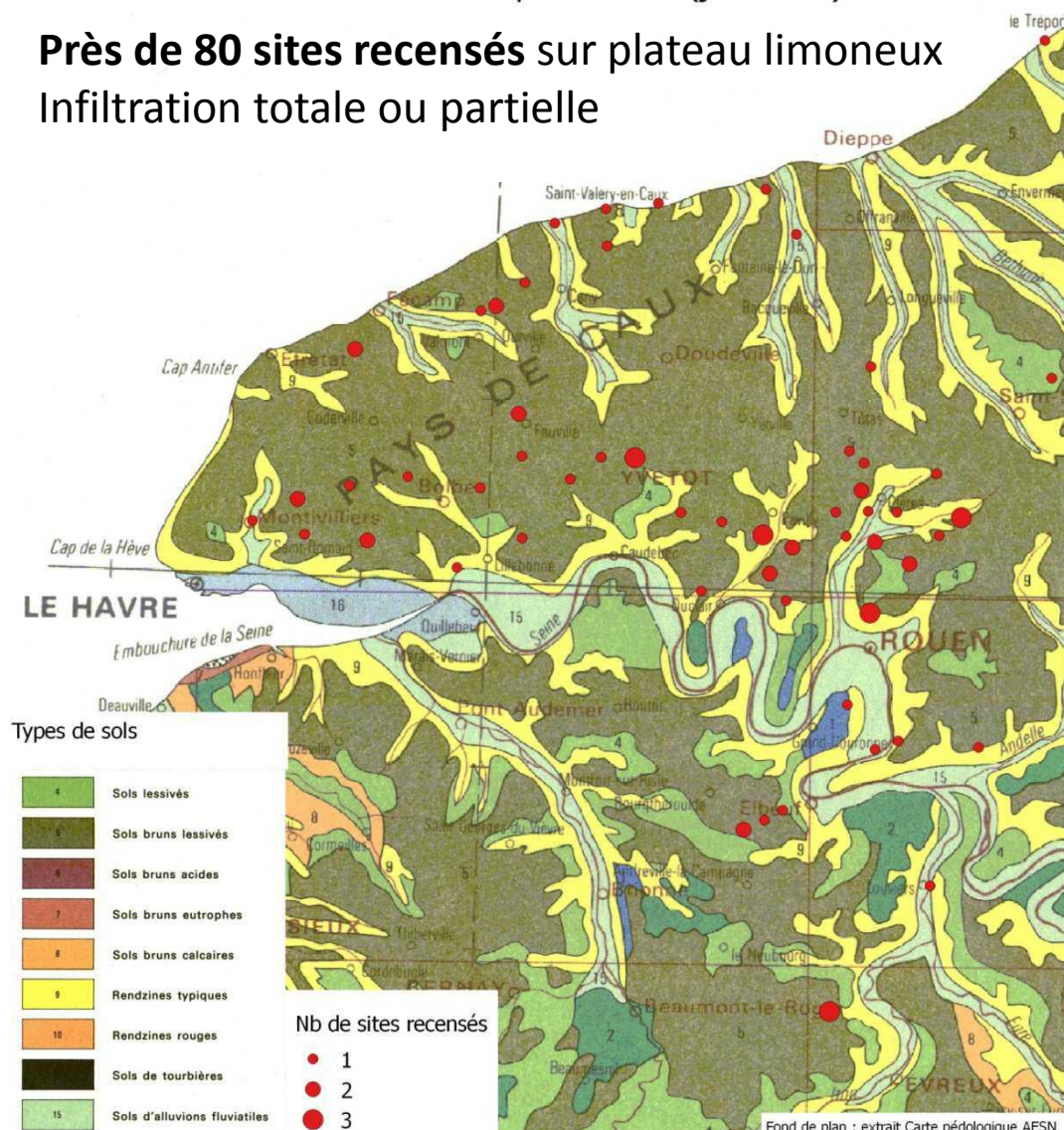


Une localisation péri-urbaine



Localisation des sites de gestion des eaux pluviales par infiltration recensés par l'AREAS (juin 2017)

Près de 80 sites recensés sur plateau limoneux
Infiltration totale ou partielle



Type d'opération

Lotissement (création)	72 %
Equipement public (création)	9 %
Zone commerciale (création)	7 %
Zone d'activités (création)	4 %
Opération mixte (création)	4 %
Zone urbaine existante (réhabilitation)	4 %

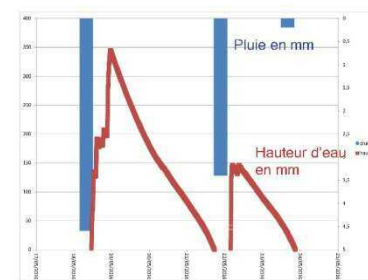
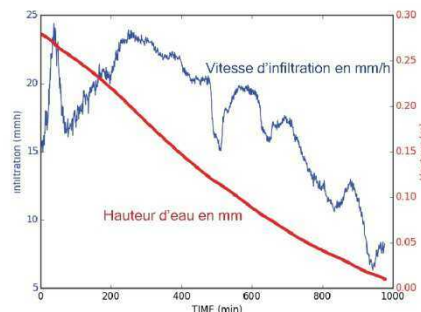
3 méthodes de mesure sur noues et bassins

↳ Mesures ponctuelles ou globales

Mesures ponctuelles Test sur un point de l'aménagement



Mesures globales Test sur l'ensemble de l'aménagement Soit par remplissage, soit par suivi sur plusieurs mois



Avantages / Limites des méthodes

- Nécessite peu d'eau
- Peut être utilisé sur des aménagements de transfert
- Rapidité de mise en oeuvre

- Ne teste qu'un petit volume de sol
- Utilisable uniquement sur fond plat

- Test en fonctionnement réel
- Test sur toute la hauteur de l'aménagement
- Matériel léger

- Nécessite un point d'eau à proximité
- Sur aménagements de petits volumes uniquement

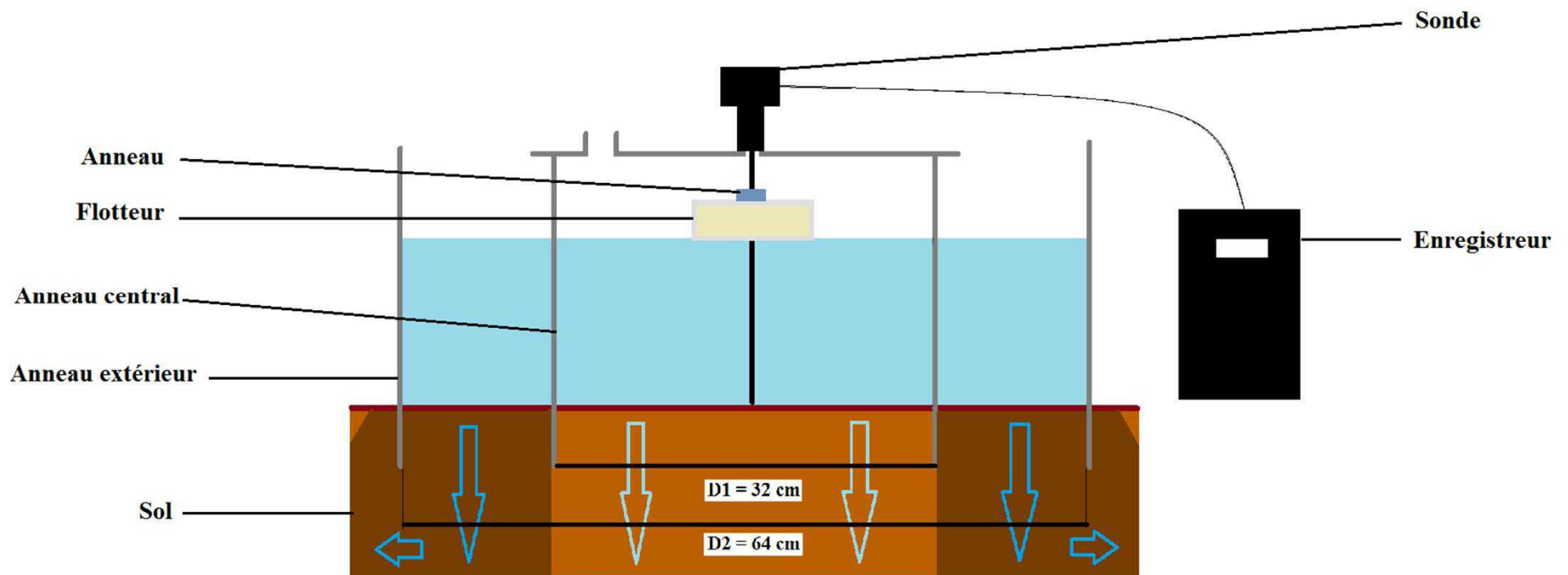
- Test en fonctionnement réel
- Comparaison des remplissages dans différentes conditions (végétation, humidité...)

- Dépendance de la météo
- Installation sur site sécurisé uniquement
- Matériel conséquent

Méthodes de mesure sur noues et bassins



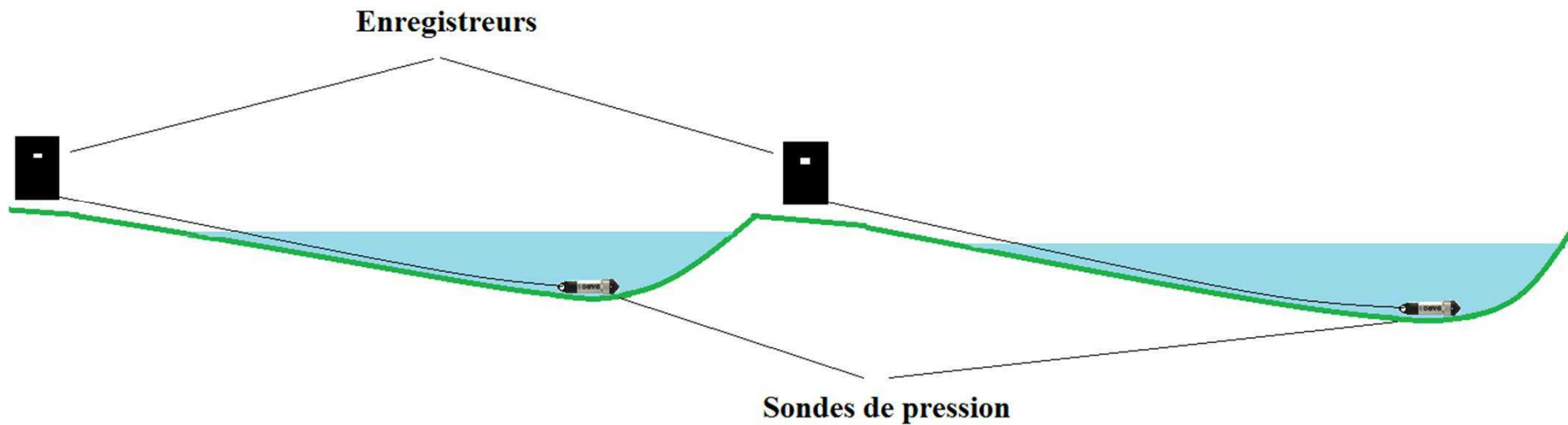
↳ Mesure ponctuelle / Infiltromètre double anneau



Méthodes de mesure sur noues et bassins



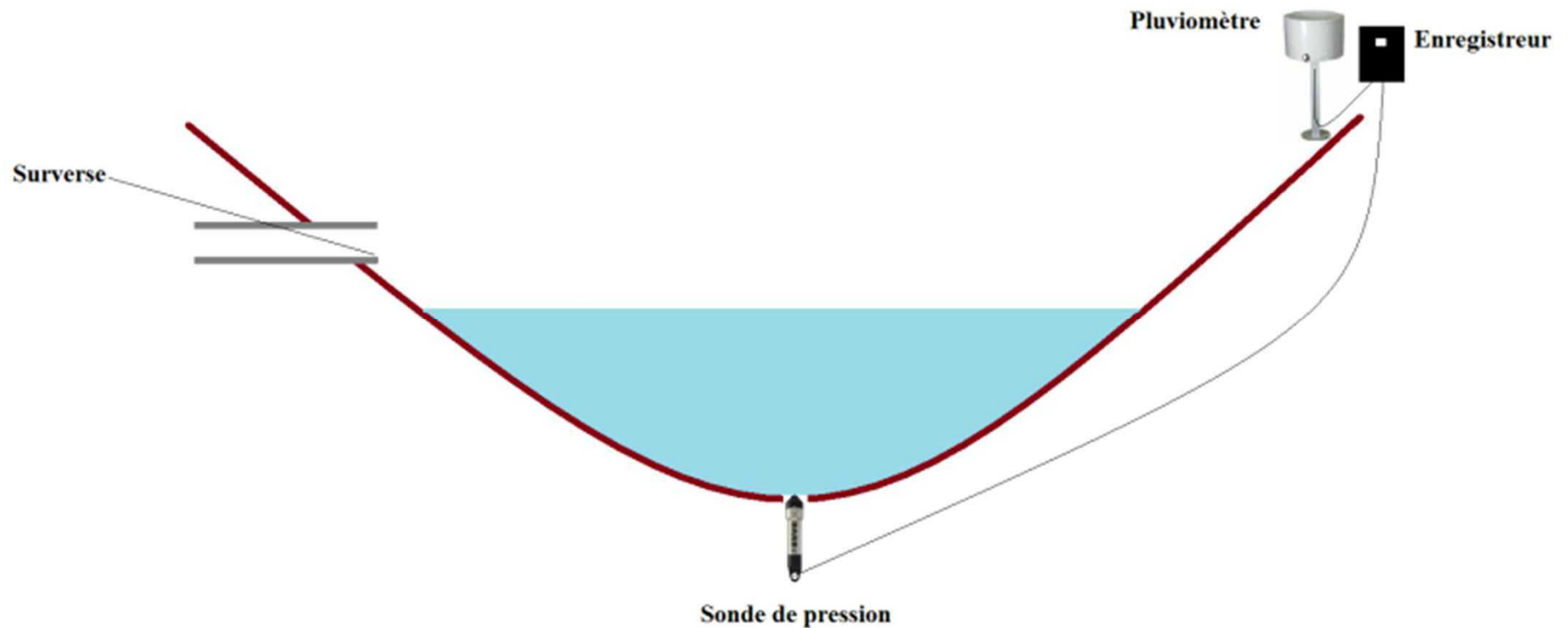
↳ Mesure globale / Remplissage



Méthodes de mesure sur noues et bassins



↳ Mesure globale en continu



Critères de choix des sites



Méthode de mesure	Par remplissage		Mesure en continu	Double anneau
Types d'aménagements concernés	Noues d'infiltration ou noues drainées	Tranchée d'infiltration	Bassin d'infiltration	Aménagements de surface : noues et bassins
Contraintes techniques	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'une source d'eau à proximité (poteau incendie par exemple) - Volume pas trop important - Profondeur suffisante 	<ul style="list-style-type: none"> - Accessible (présence d'un regard de visite) - Volume limité et dimensions précises connues - Possibilité de mesurer le niveau d'eau - Absence de connexion entre les tranchées 	<ul style="list-style-type: none"> - Site protégé (clôturé par exemple) - Dans l'idéal adapté à l'installation d'un pluviomètre (peu d'arbres à proximité notamment) 	<ul style="list-style-type: none"> - Fond plat - Point d'eau à proximité
Contraintes administratives	Accord du propriétaire du site pour la réalisation des mesures			
Informations nécessaires	Dans l'idéal, plan de récolement, tests d'infiltration préalables et notes de calcul de dimensionnement disponibles			

↘ Des critères qui restreignent fortement le nombre de sites de mesure retenus

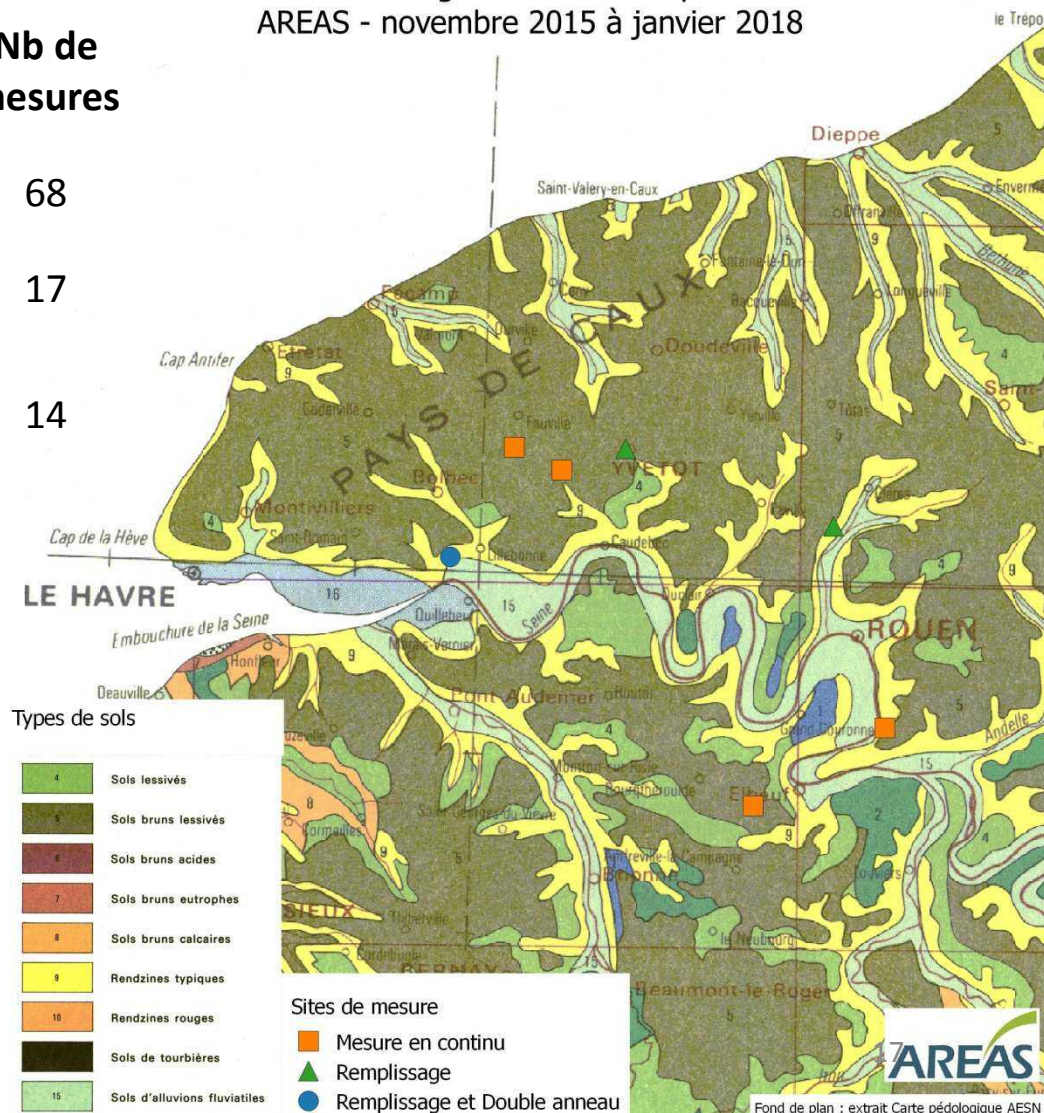
Les sites de mesure

↘ 7 sites

Type d'aménagements	Nb de sites	Méthodes de mesure	Nb de mesures
Bassins d'infiltration	4	en continu	68
Noues d'infiltration	2	Remplissage Double anneau	17
Noues drainées	1	Remplissage	14

- Mesures de nov. 2015 à janv. 2018
- Aménagements âgés de 2 à 15 ans
- Végétation herbacée (le + souvent)
- Sol de limon +/- profond

Sites de mesure d'infiltration in-situ sur des aménagements existants de gestion des eaux pluviales AREAS - novembre 2015 à janvier 2018

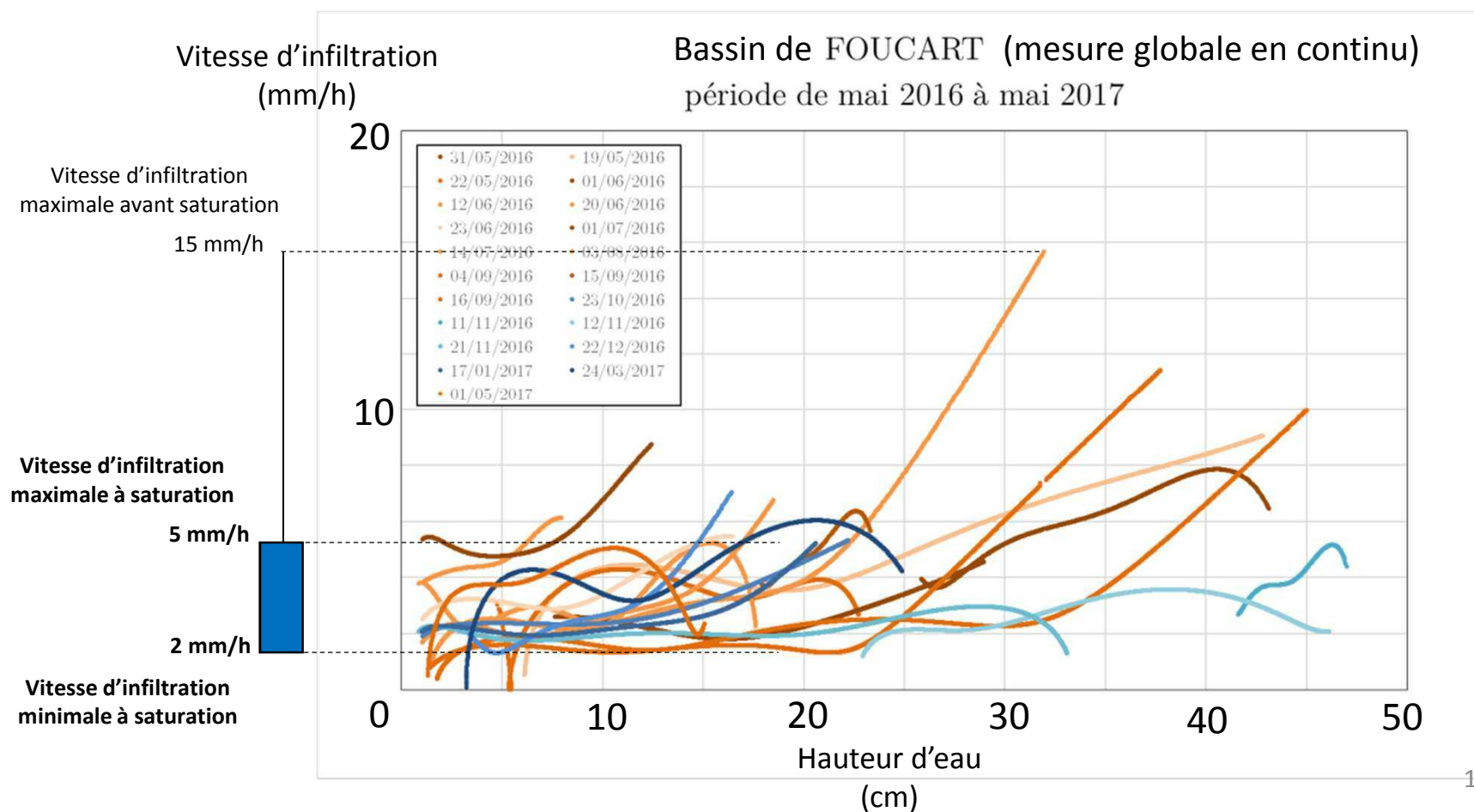




Comparaison des méthodes de mesure

↳ Les mesures globales donnent des résultats plus fiables

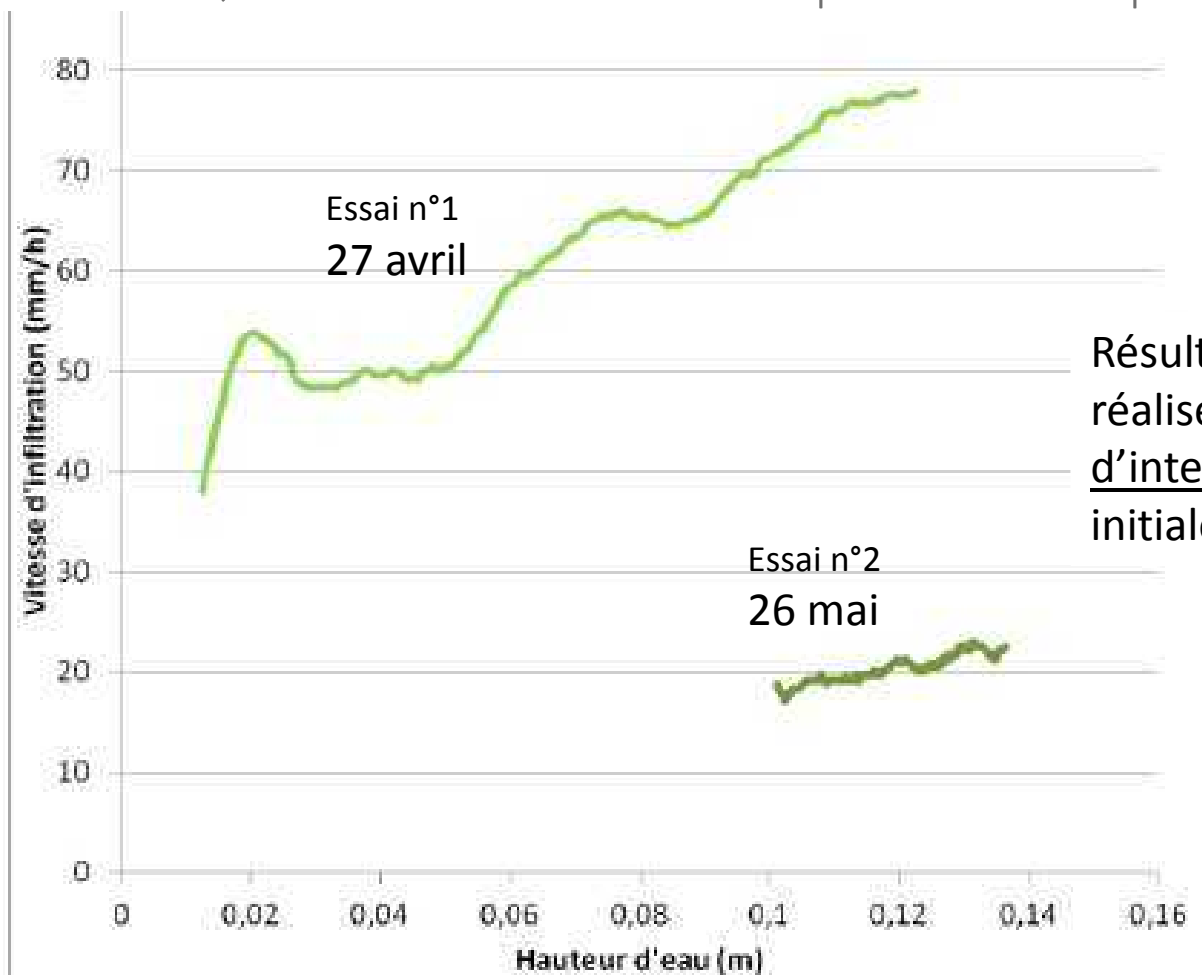
→ Les mesures globales reproduisent le fonctionnement réel de l'aménagement



Comparaison des méthodes de mesure

↳ Les mesures globales donnent des résultats plus fiables

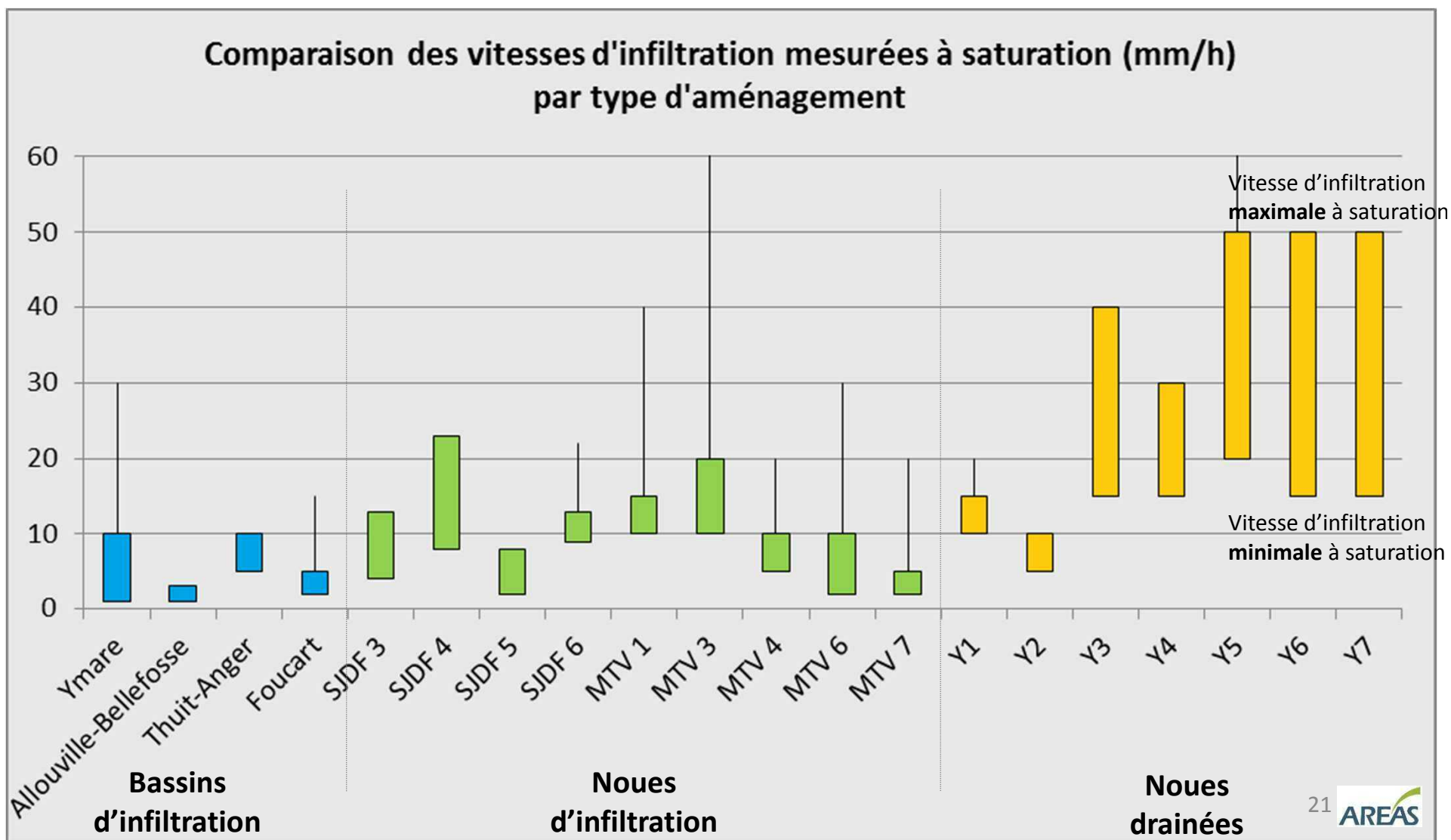
- Les mesures globales reproduisent le fonctionnement réel de l'aménagement
- Les résultats des mesures ponctuelles dépendent des conditions initiales



Résultats de mesures ponctuelles réalisées au même endroit à 1 mois d'intervalle avec des conditions initiales d'humidité du sol différentes

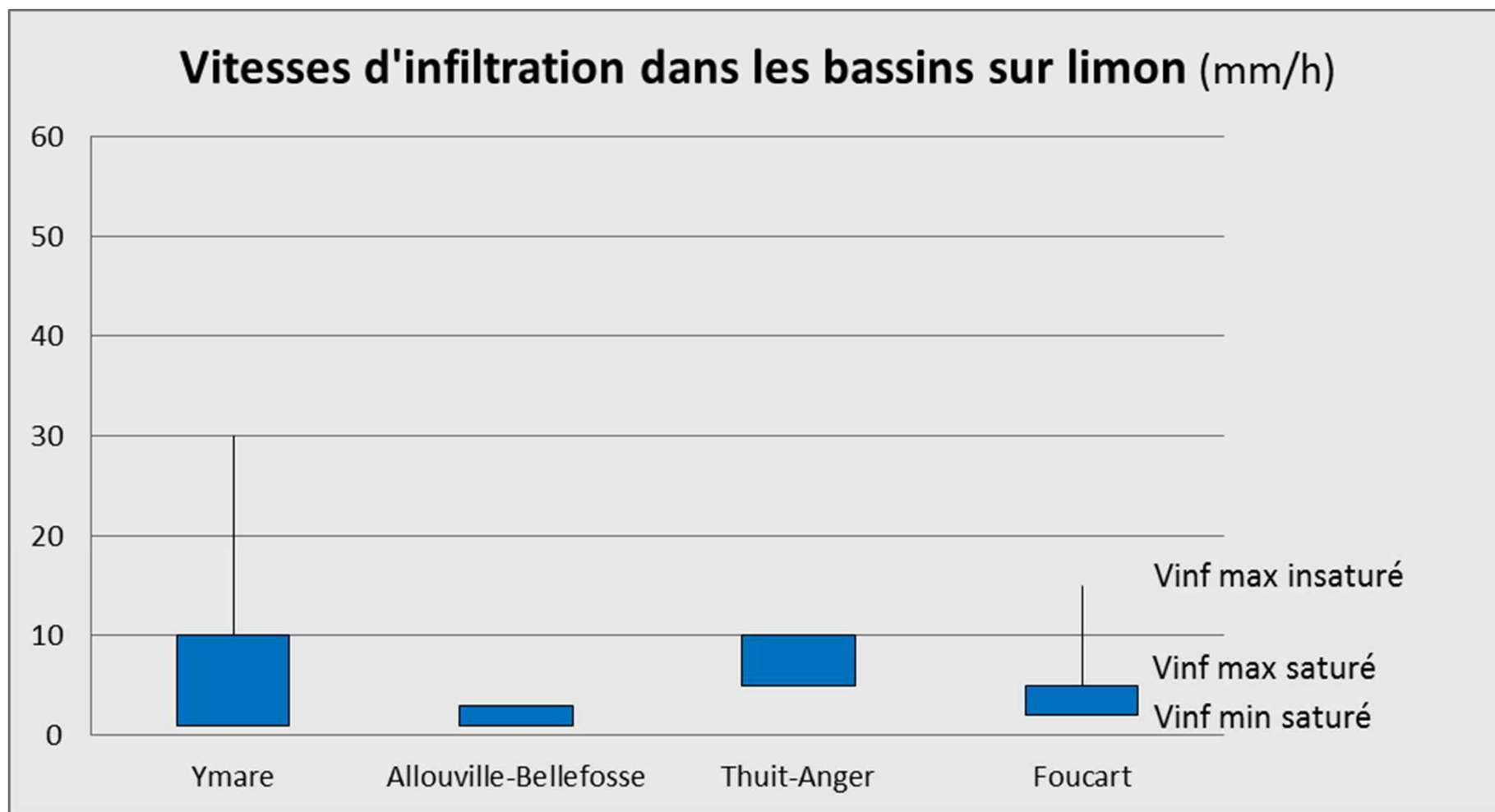
Des vitesses d'infiltrations variables

↳ Les vitesses d'infiltration globales dépendent du type d'aménagement



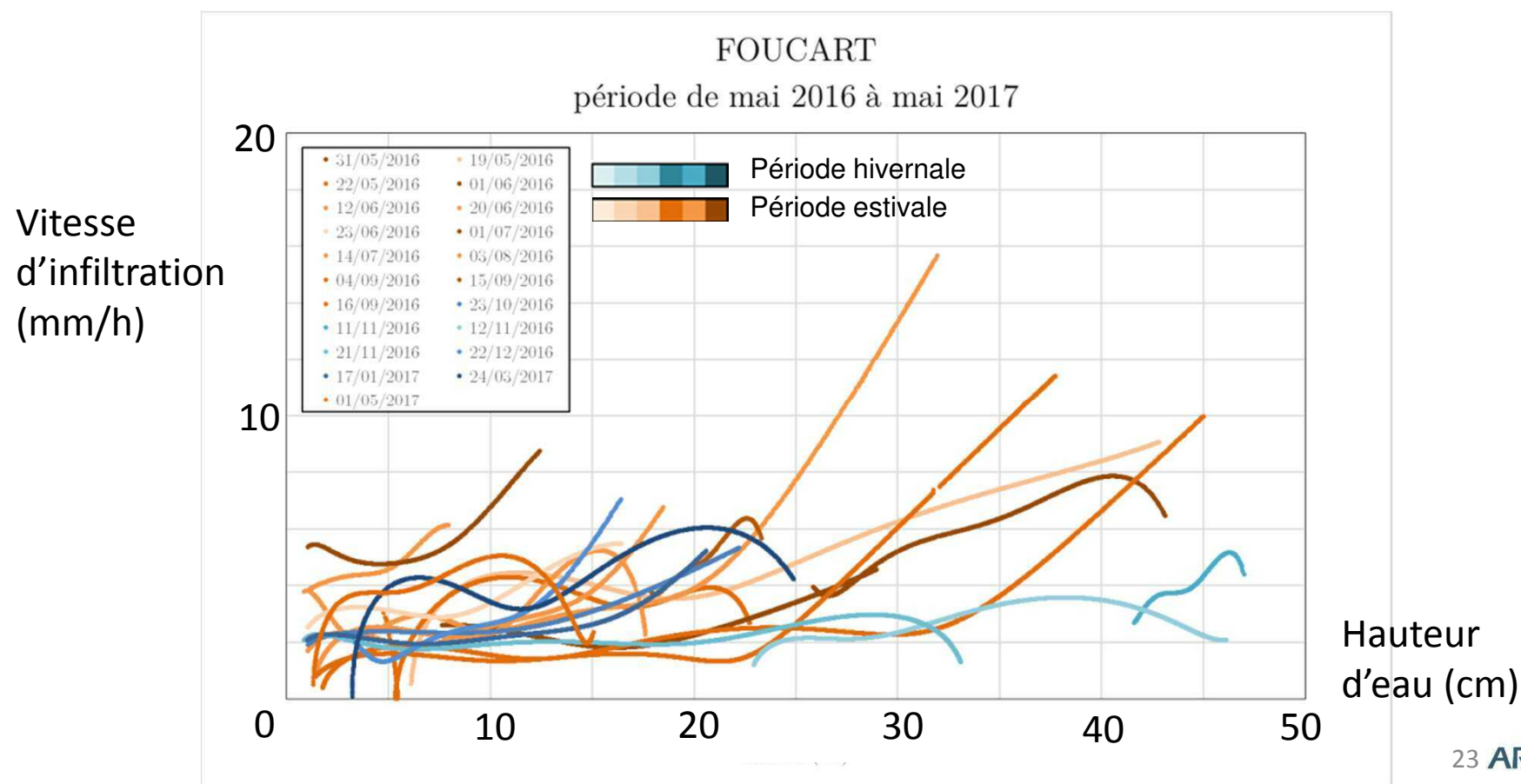
Bassins d'infiltration

↳ Des vitesses d'infiltration à saturation entre 1 et 10 mm/h



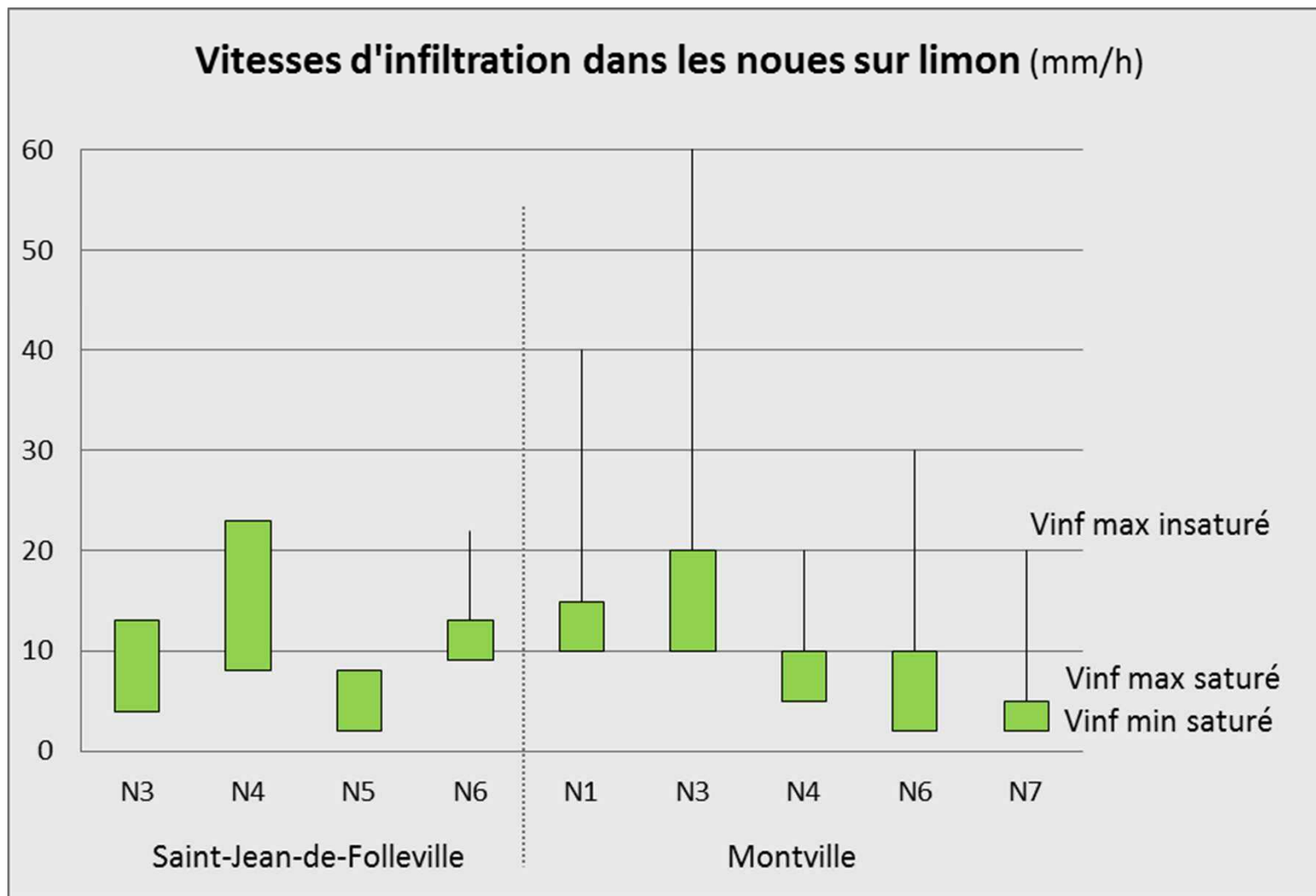
Bassins d'infiltration

- ↳ Les vitesses d'infiltration à saturation ne dépendent pas de la saison
- ↳ Les vitesses d'infiltration initiales dépendent des conditions initiales d'humidité



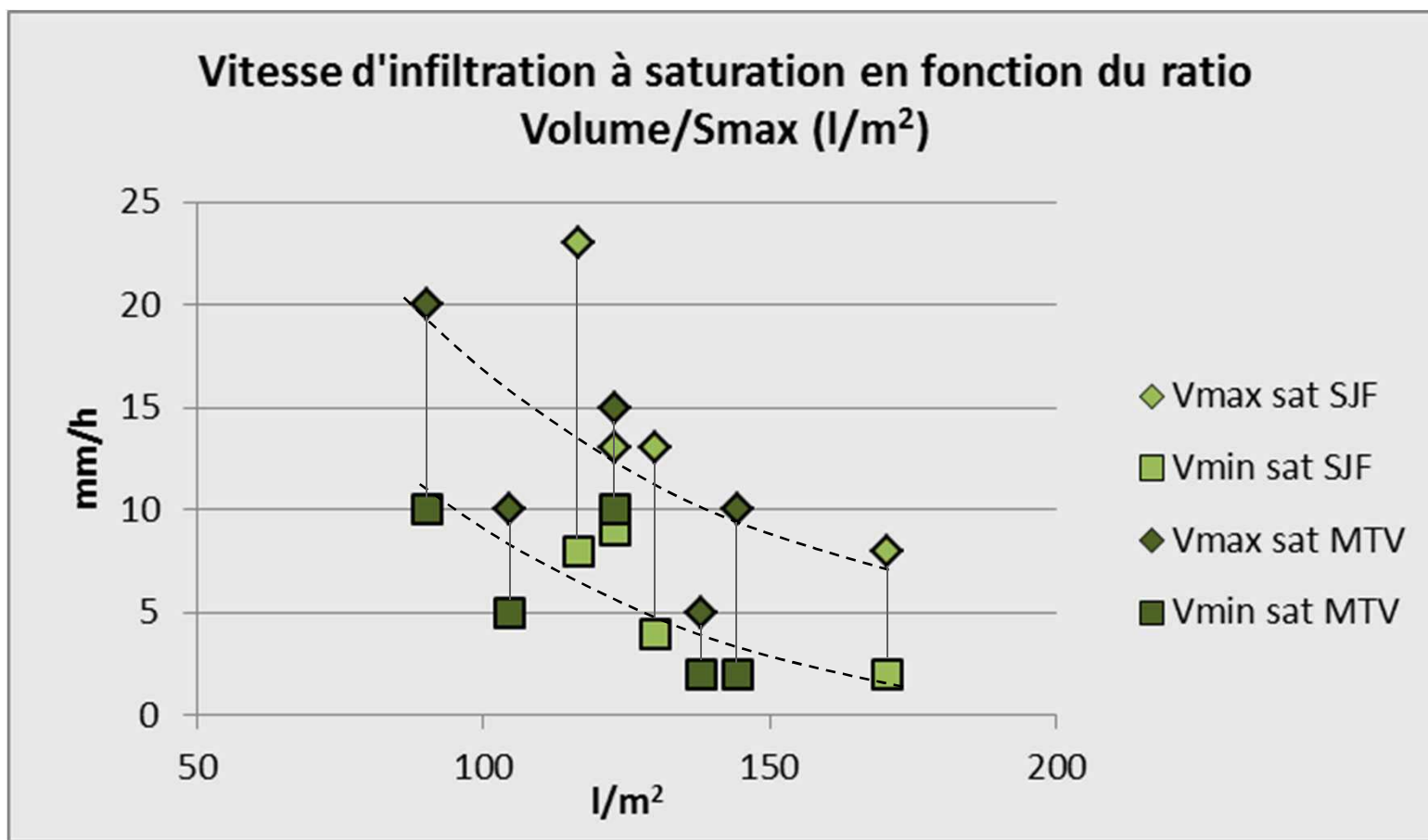
Noues d'infiltration

↳ Des vitesses d'infiltration à saturation entre 2 et 20 mm/h



Noues d'infiltration

↳ Plus la noue est évasée, meilleure est la capacité d'infiltration à saturation



Noues d'infiltration

↘ Les noues dont le fond est peu végétalisé ont des vitesses d'infiltration à saturation plus faible

→ Est-ce l'absence de couvert qui limite l'infiltration, ou plutôt la présence fréquente d'eau liée à la faible infiltration qui empêche l'herbe de se développer dans le fond (ou les 2) ?



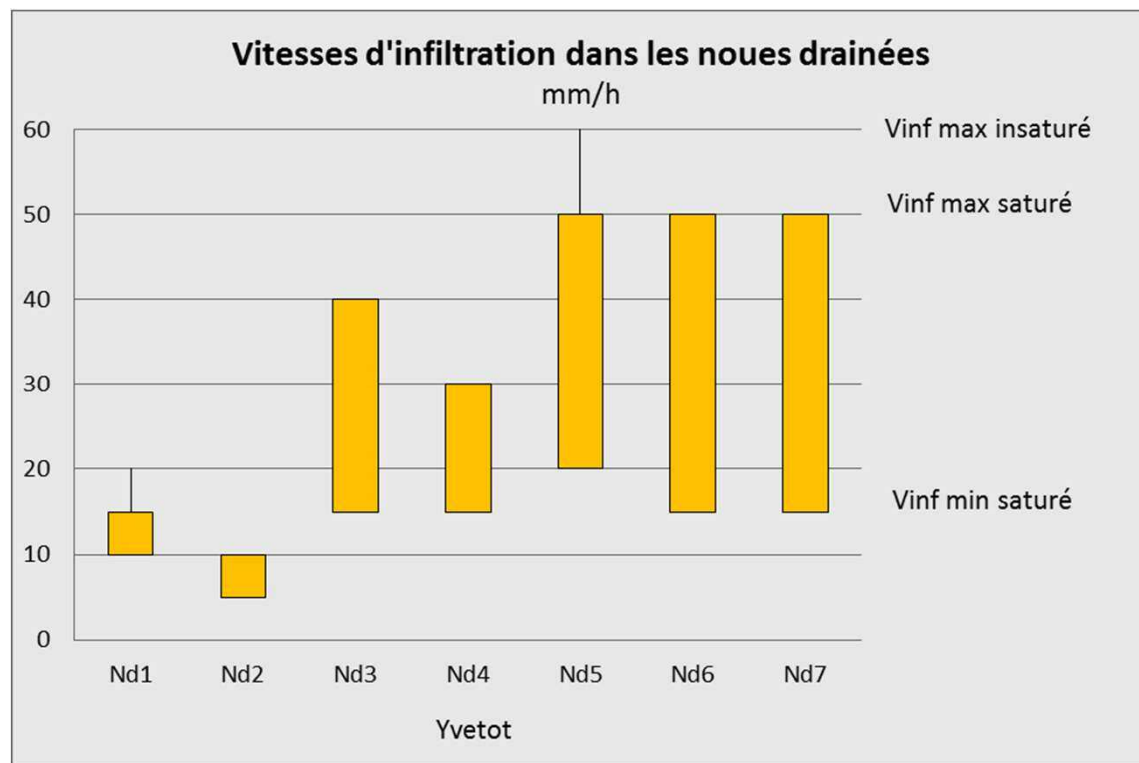
Noe 3 Saint-Jean-de-Folleville



Noe 4 Saint-Jean-de-Folleville

Noues drainées

↳ Des vitesses d'infiltration à saturation entre 5 et 50 mm/h

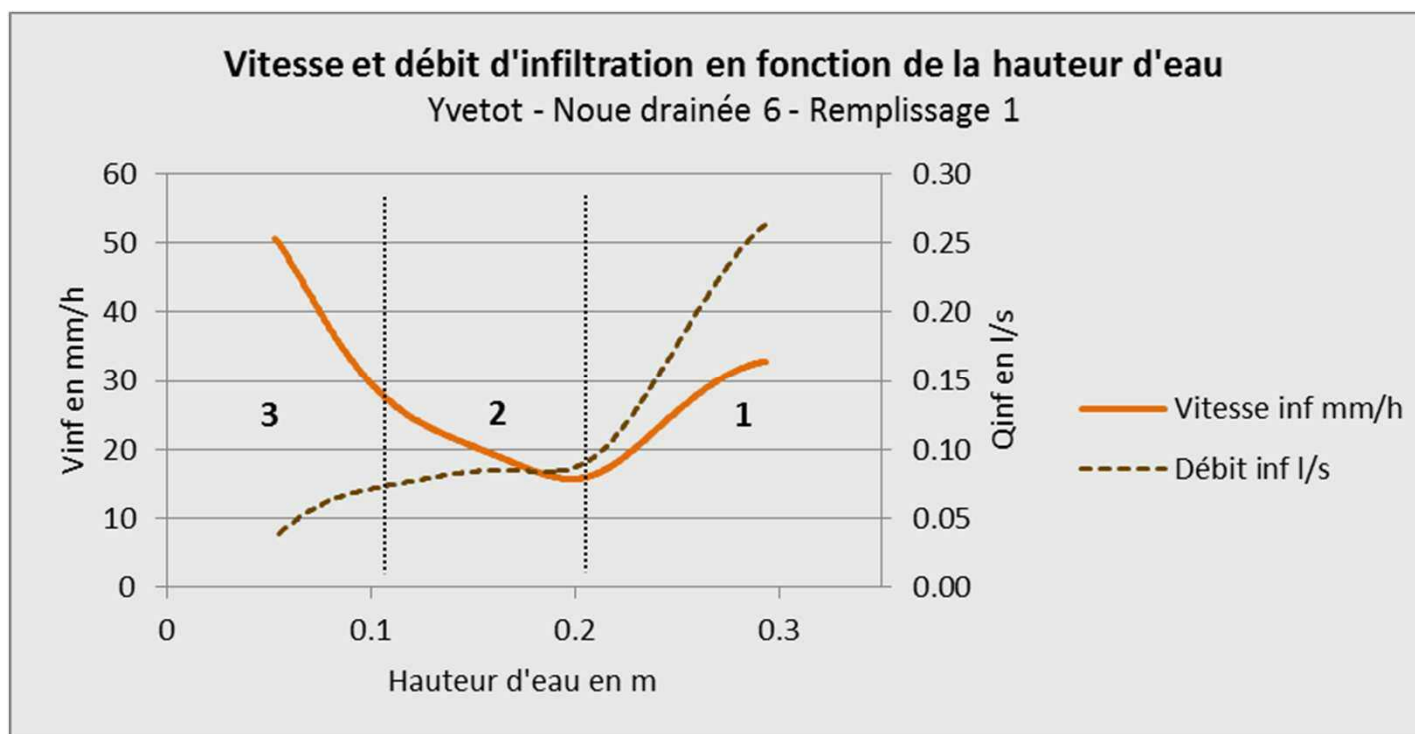


↳ La vitesse d'infiltration à saturation à travers les noues drainées est principalement contrôlée par le massif drainant

↳ Les noues drainées ne sont pas des aménagement d'infiltration au sens strict puisque les eaux drainées sont ensuite rejetées en surface

Noues drainées

↘ Le fond infiltre mieux que les parois



- 1) Phase de saturation en eau du sol
- 2) La vitesse d'infiltration atteint un minimum
- 3) La vitesse d'infiltration remonte lorsque la hauteur d'eau devient faible

↘ La vitesse d'infiltration à saturation à travers les noues drainées est principalement contrôlée par le massif drainant

Vitesses d'infiltration avant / après travaux

- ↘ **Comparaison très délicate !** Faible de nb de sites, méthodes différentes, grande variabilité des résultats avant travaux sur un même site, non coïncidence des points de mesure avant / après travaux
- ↘ Au mieux on peut dire qu'on reste sur les mêmes ordres de grandeur

Type d'aménagement	Bassin d'infiltration	Noues d'infiltration	Noues drainées
Site	Thuit-Anger	Montville	Yvetot
Type de tests d'infiltration initiaux	2 essais Porchet prof : 1,5 à 1,6 m	7 essais Matsuo prof. : 0,7 à 1,5 m	8 essais Porchet prof. : 0,6 à 0,8 m
Résultats des tests initiaux (moyenne)	21 - 25 mm/h (23 mm/h)	4 - 133 mm/h (43 mm/h)	2 - 47 mm/h (6 mm/h)
Vitesse d'infiltration à saturation sur aménagement existant	5 – 10 mm/h	2 – 20 mm/h	5 – 50 mm/h Pas infiltration au sens strict !

Bilan des mesures sur des aménagements existants

- ↘ Les vitesses d'infiltration mesurées sont toutes > 1 mm/h
- ↘ Pour les aménagements d'infiltration « stricte », la forme de l'aménagement conditionne la vitesse d'infiltration
- ↘ La végétation semble être également un paramètre important, mais la faible diversité des couverts testés ne permet pas de conclure
- ↘ On n'observe pas de diminution des vitesses d'infiltration avec l'âge

Type d'aménagement	Bassins d'infiltration	Noues d'infiltration	Noues drainées
Vitesses d'infiltration à saturation	1 – 10 mm/h	2 – 20 mm/h	5 – 50 mm/h
Paramètres influençant la vitesse d'infiltration à saturation	<i>Données insuffisantes</i>	Forme de la noue Végétation	Massif drainant sous-jacent

Efficacité des aménagements sur une longue durée



Pluie / Ruissellement

Chronique 10 ans / pas de temps 1 h



Volume d'eau stocké dans l'aménagement



Infiltration dans le sol

Surverse



Calage du modèle à partir des résultats de mesure

BILAN ENTRÉE – SORTIE

$$V \text{ STOCKÉ } (t) = V \text{ STOCKÉ } (t-1) + V \text{ RUISELÉ } (t) - V \text{ INFILTRÉ } (t) - V \text{ SURVERSÉ } (t)$$

Intérêts de la modélisation

↳ Connaître le fonctionnement et l'efficacité d'aménagements existants sur le long terme :

- Fréquence de remplissage, temps de vidange moyen, temps en eau
- Fréquence de surverse, volume surversé
- Taux d'infiltration moyen...

↳ Concevoir et dimensionner des aménagements d'infiltration

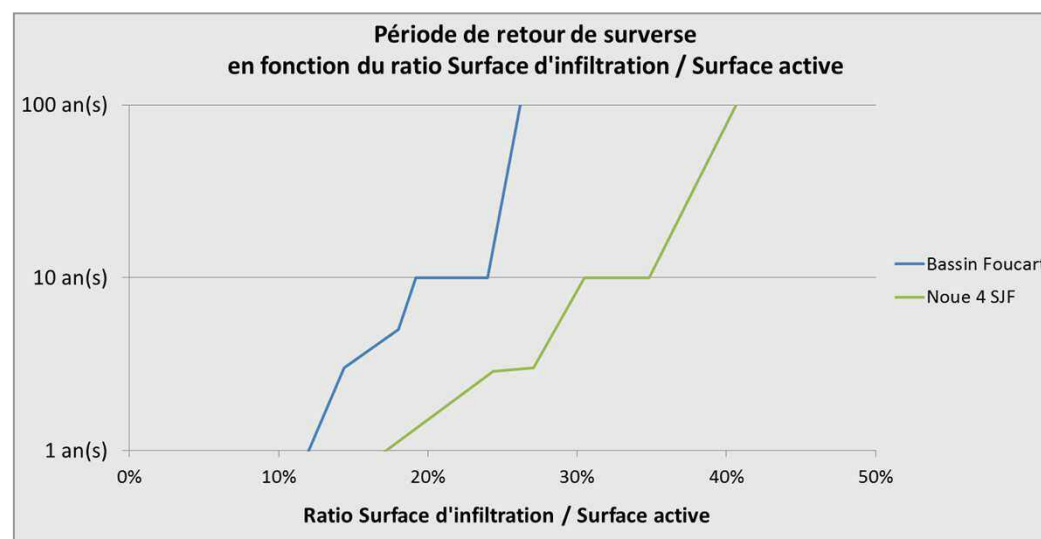
- Tester l'efficacité d'un aménagement en faisant varier les paramètres de dimensionnement
- Tester différents scénarios d'aménagement



Peut-on gérer la pluie centennale par infiltration ?

- ↘ Calcul à partir de données de mesure sur 2 exemples de sites existants
- ↘ Quelle serait la surface d'infiltration nécessaire pour gérer la pluie qui tombe sur 100 m² imperméabilisés :

	Pluie décennale	Pluie centennale
	51 mm / 24h 26,4 mm / 1h	69 mm / 24h 43,8 mm / 1h
	Surface d'infiltration nécessaire	
Bassin de Foucart	env. 20 m ²	env. 30 m ²
Noue 4 St-Jean-de-Folleville	env. 40 m ²	env. 60 m ²



- ↘ Même si le volume de stockage de l'aménagement est déterminant pour la pluie centennale, la surface d'infiltration doit rester suffisante pour éviter le colmatage du fond

Peut-on gérer la pluie centennale par infiltration ?

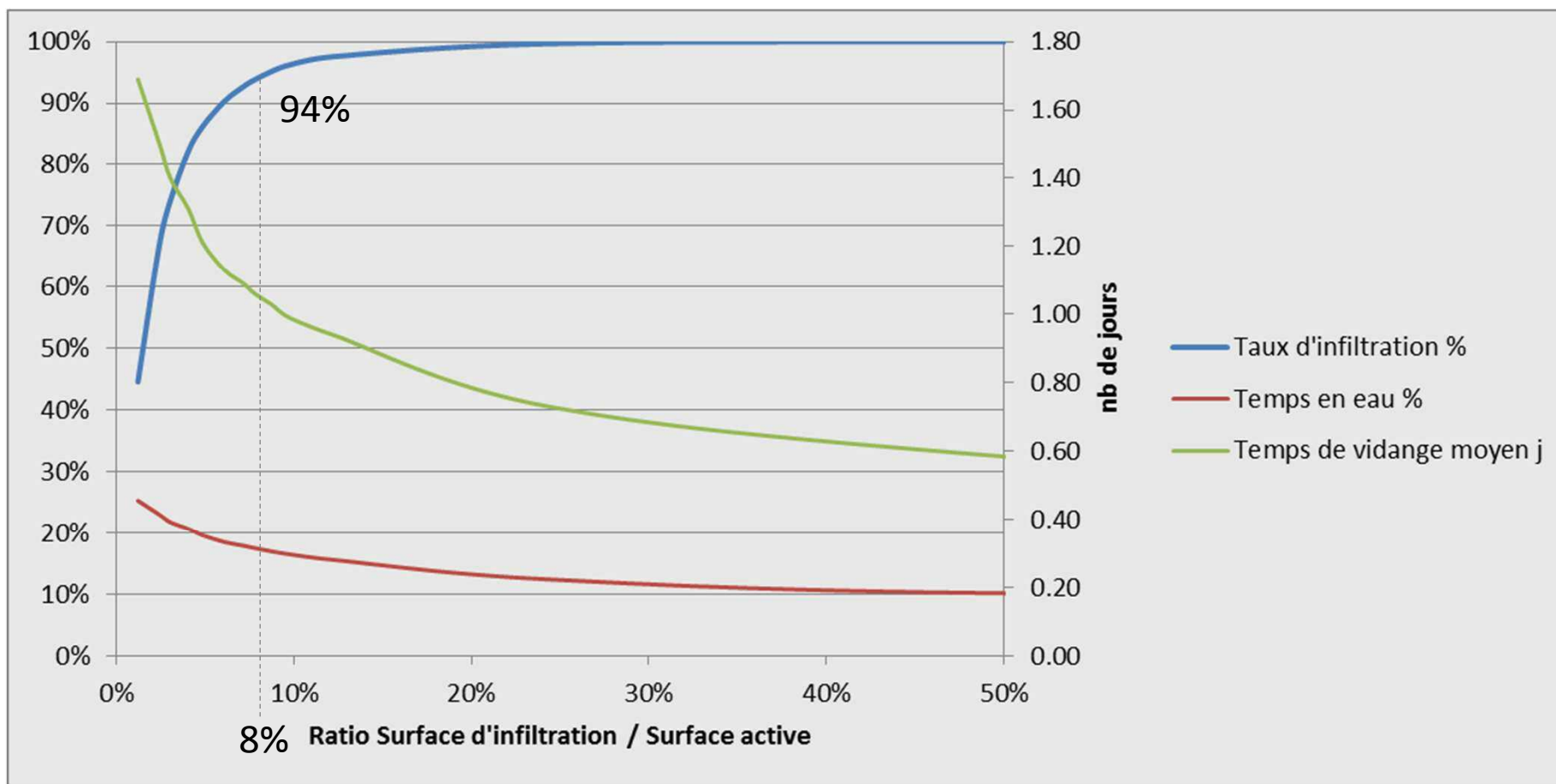
⚠ Attention, le dimensionnement sur le seul critère du volume centennal peut conduire à des vitesses d'infiltration très faibles

- Un volume important à infiltrer sur une petite surface conduit à une immersion prolongée du fond de l'aménagement
- La végétation ne peut plus se développer dans le fond (en dehors des massettes, joncs, saules...), et la porosité du sol diminue
- L'aménagement reste longtemps en eau et risque de déborder pour des pluies rapprochées



Quelle part du ruissellement peut-on réinfiltrer ?

- ↳ Les taux d'infiltration moyens (volume infiltré / volume ruisselé total) atteignent au moins 80%, même pour de petits aménagements (noues)



Exemple : Modèle Noue 4 Saint-Jean-de-Folleville



Conclusions et perspectives

↘ Principaux enseignements des mesures sur des aménagements existants

- Vitesses d'infiltration > 1 mm/h
- Paramètres influençant la vitesse d'infiltration :
 - Forme de l'aménagement (infiltration « stricte »)
 - Végétation (à creuser)
- Pas de diminution de la vitesse d'infiltration avec l'âge (pour des aménagements bien conçus)

↘ Rapport complet à venir...

↘ Questions en suspens

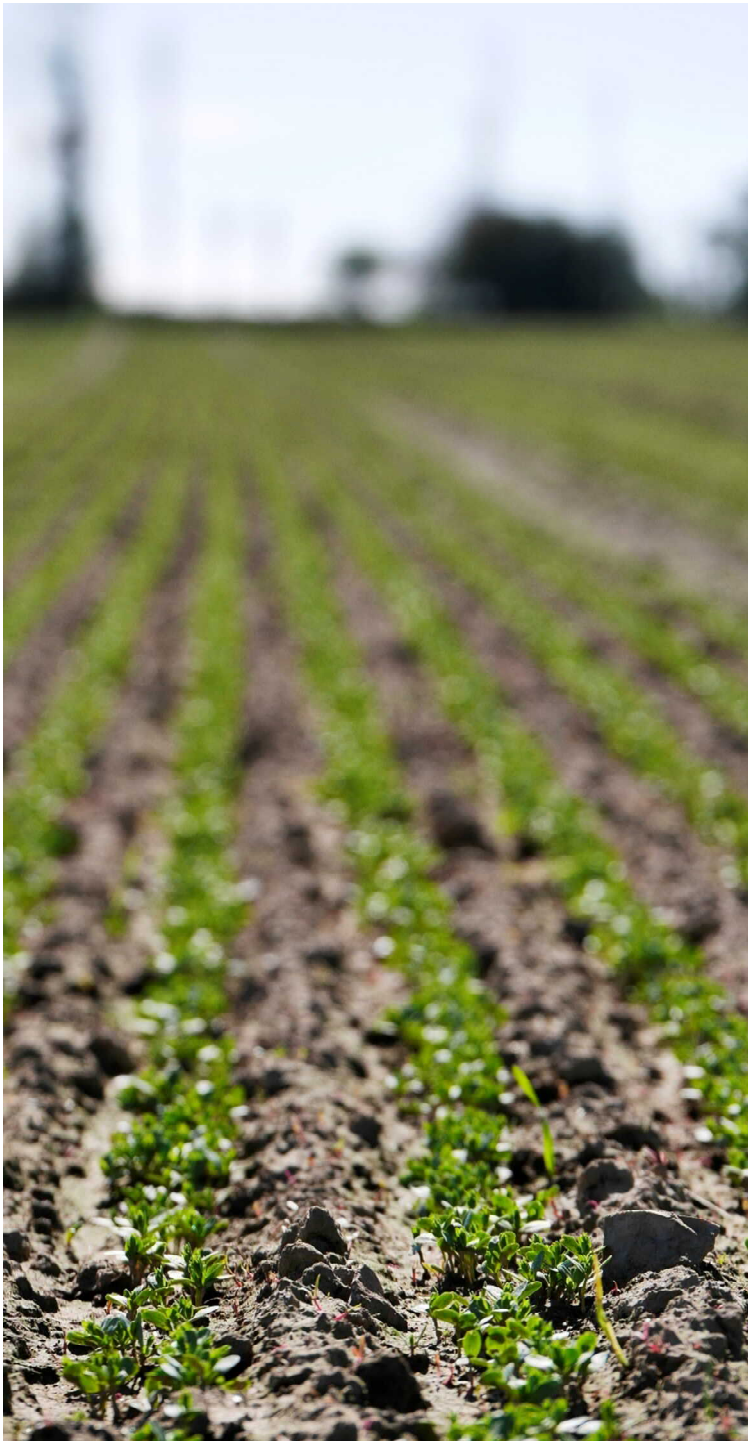
- Fonctionnement des aménagement d'infiltration enterrés (tranchées drainantes)
- Rôle de la végétation

Conclusions et perspectives

↳ Pistes pour la conception des aménagements d'infiltration

- Petits aménagements d'infiltration intégrés + ouvrage aval pour gérer centennale
- Massifs drainant améliore la vitesse d'infiltration apparente (eaux drainées à gérer en aval)
- Pistes pour améliorer la performance des systèmes d'infiltration :
 - Réduire les surfaces imperméabilisées
 - Favoriser l'infiltration par le choix de la végétation
 - Rechercher meilleur compromis Volume / Vitesse d'infiltration





Avec le soutien financier de nos partenaires :



AREAS

Association de recherche
sur le Ruissellement, l'Erosion
et l'Aménagement du Sol

2 avenue Foch
76 460 Saint Valéry en Caux
02 35 97 25 12

www.areas.asso.fr