

Abreuvement des vaches laitières : aspects quantitatifs et qualitatifs

Anne Boudon

UMR 1348 INRA Agrocampus Ouest

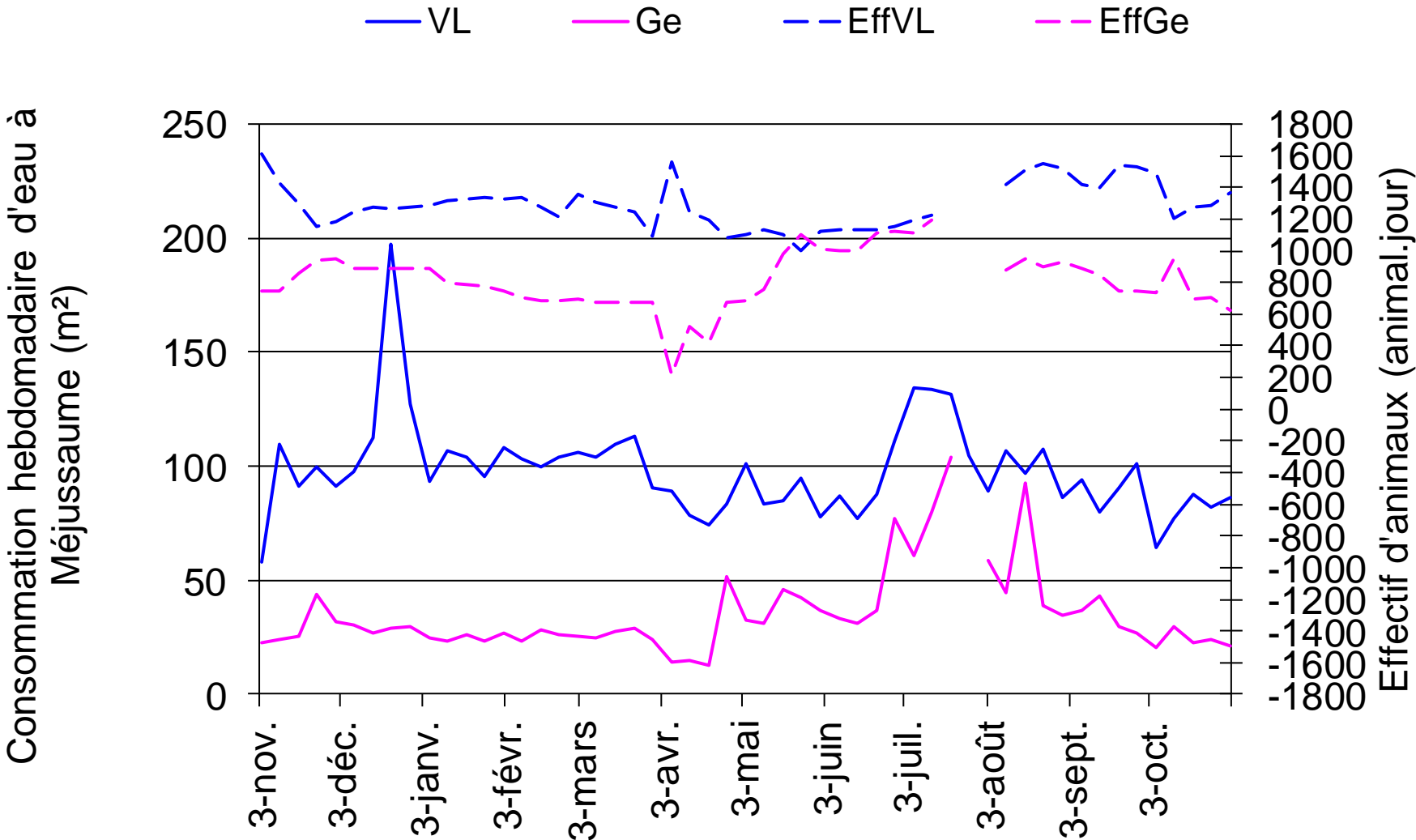
PEGASE (Physiologie, Environnement et Génétique
pour l'Animal et les Systèmes d'Élevage)

Journée Vache Laitière AFTAA, 7 novembre 2012

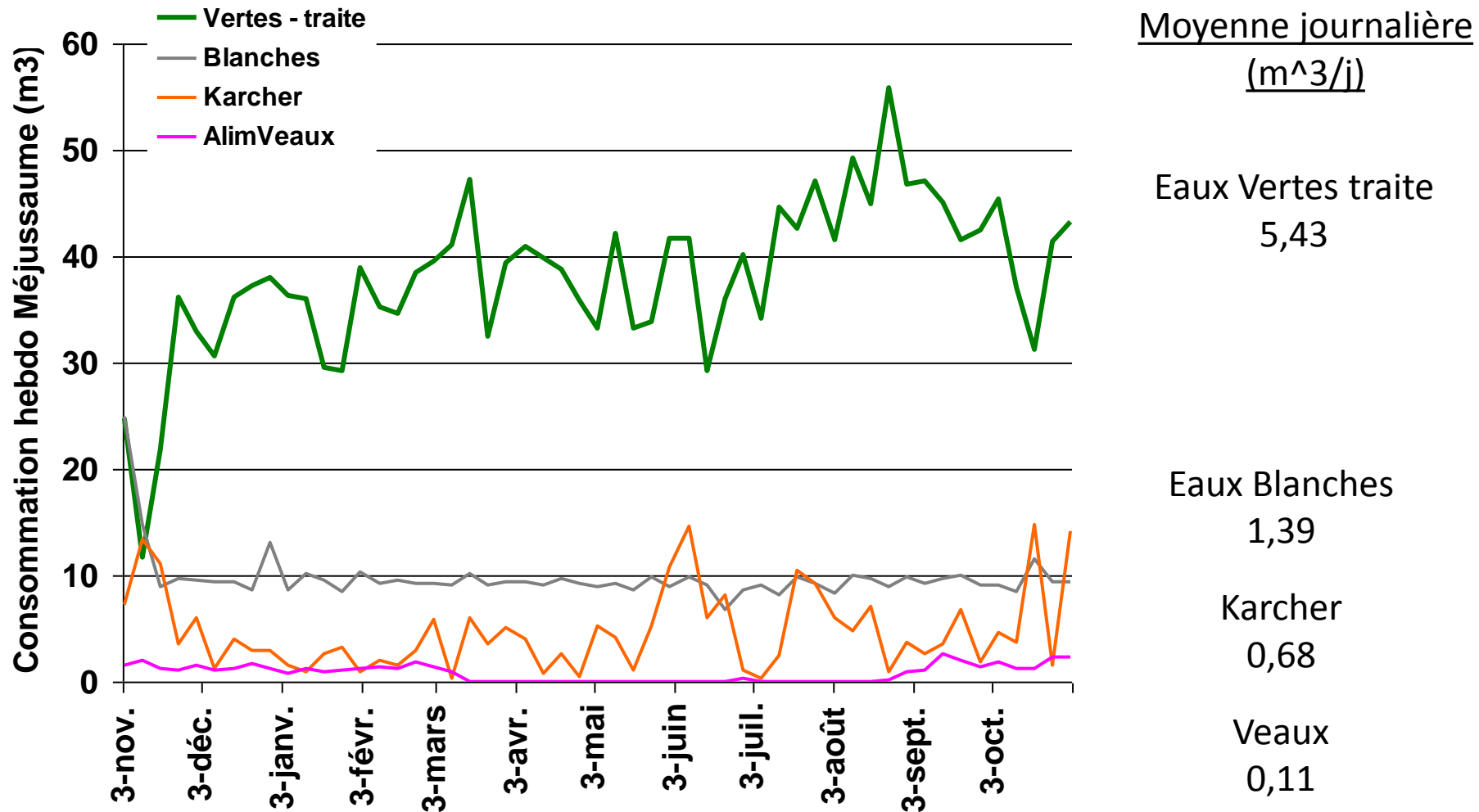
L'eau en élevage laitier = des volumes importants

- En France, élevage bovin = 38% de l'eau utilisée par l'agriculture hors irrigation dont 75% pour l'abreuvement des animaux (Carteau et al., 2009).
- Ferme expérimentale INRA de Méjusseume (35) = 170 vaches laitières, 10000 m³ eau/an dont plus de 7000 m³ pour l'abreuvement.
- {Empreinte eau du lait = 1000 l d'eau/l de lait à l'échelle mondiale (Gerbens-Leenes et al. 2011) mais moins de 1% correspond à l'abreuvement!}

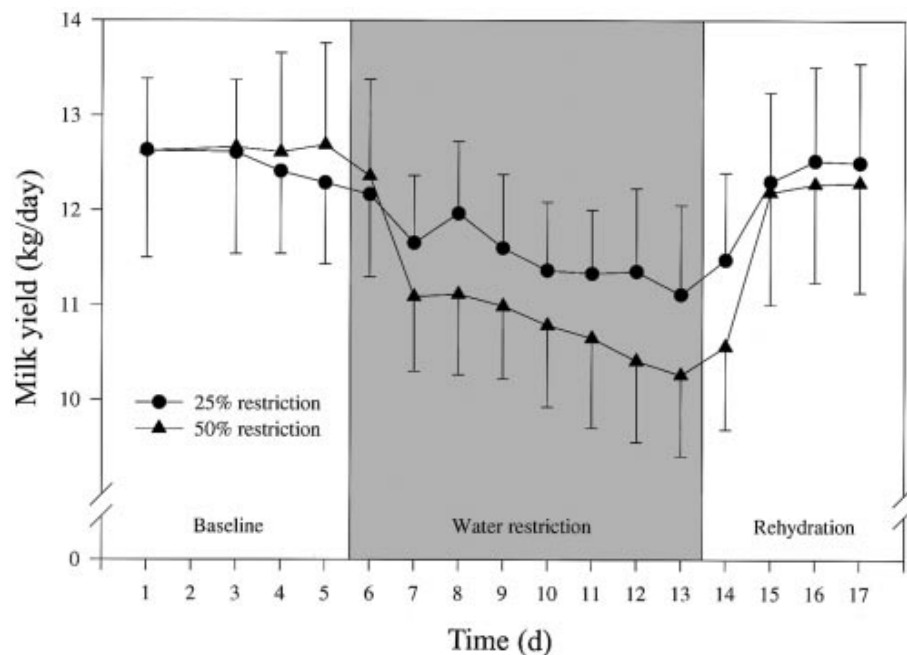
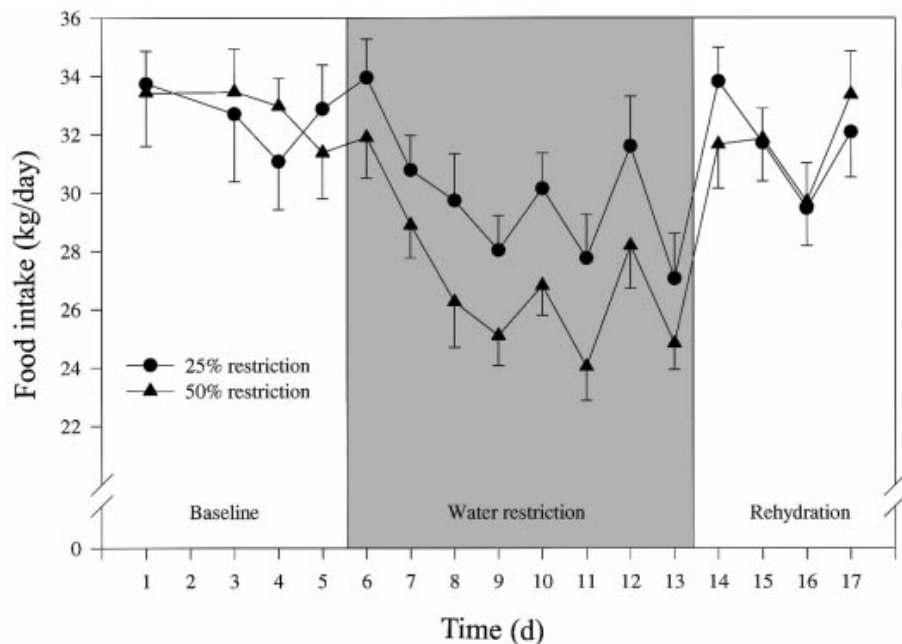
Suivi hebdomadaire consommation d'eau Méjussaume (2009-2010) : abreuvement



Suivi hebdomadaire consommation d'eau Méjussaume (2009-2010) : autres usages



L'eau est un besoin incompressible



Contexte = Vaches soumises de J5 à J13 à une restriction hydrique (25 ou 50% de l'eau consommée ad libitum). Ration à base d'ensilage d'herbe et de maïs (teneur en MS de 52%)

→ restriction de 50% de l'abreuvement = -30% d'ingestion et -20% de production laitière (Burgos et al. 2001).

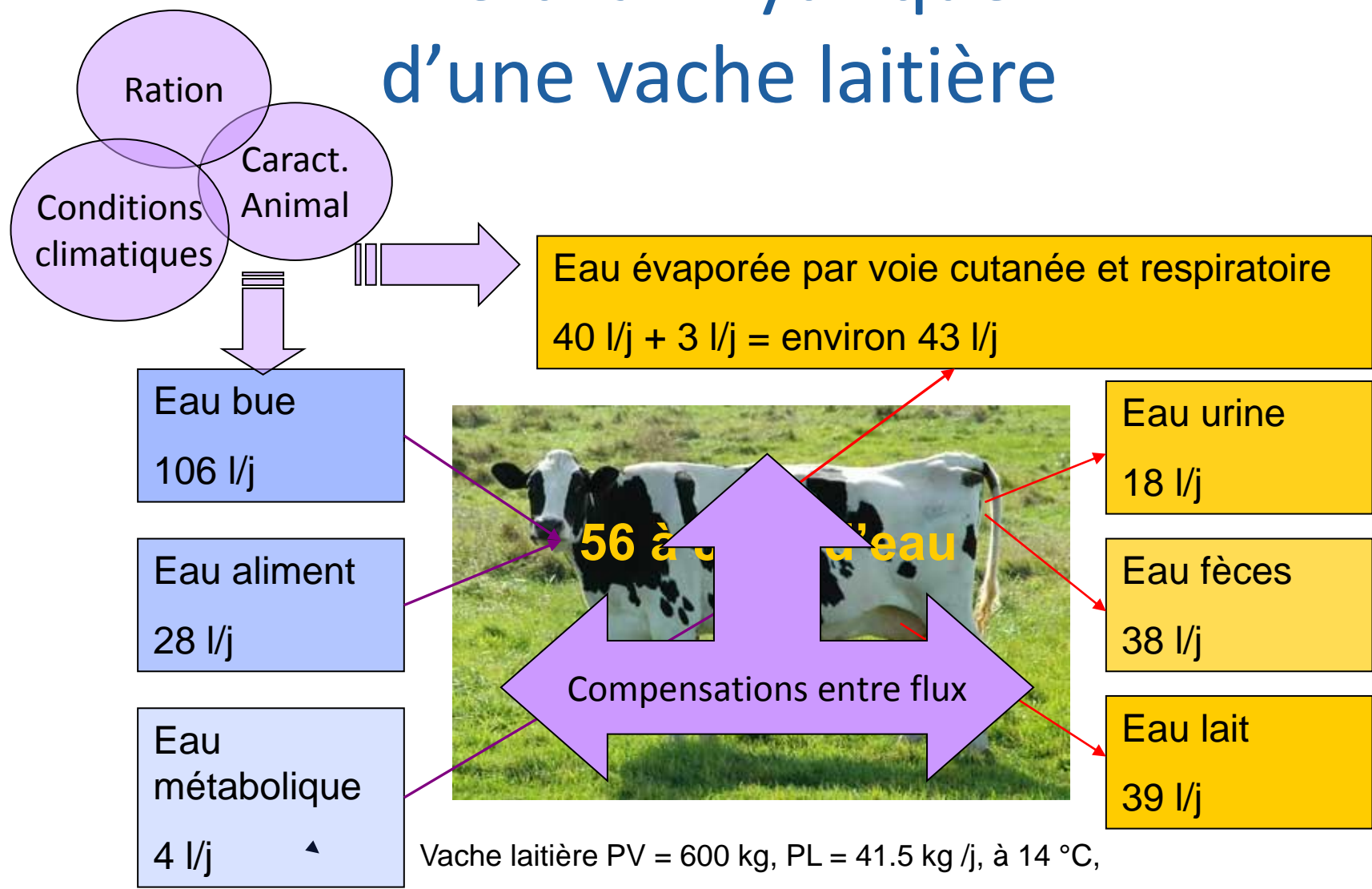
Pourquoi connaître les besoins en eau des vaches laitières?

- Etre certain que les quantités à disposition ne sont pas limitantes, notamment l'été.
- Meilleure détection des fuites sur les réseaux de distribution. Elevage laitier = des réseaux enterrés souvent longs.
 - Projet CASDAR no 8109 : sur 6 élevages suivis pendant 1 an, 2 se distinguaient par des fuites avérées supérieures à 10% des volumes consommés sans détection.



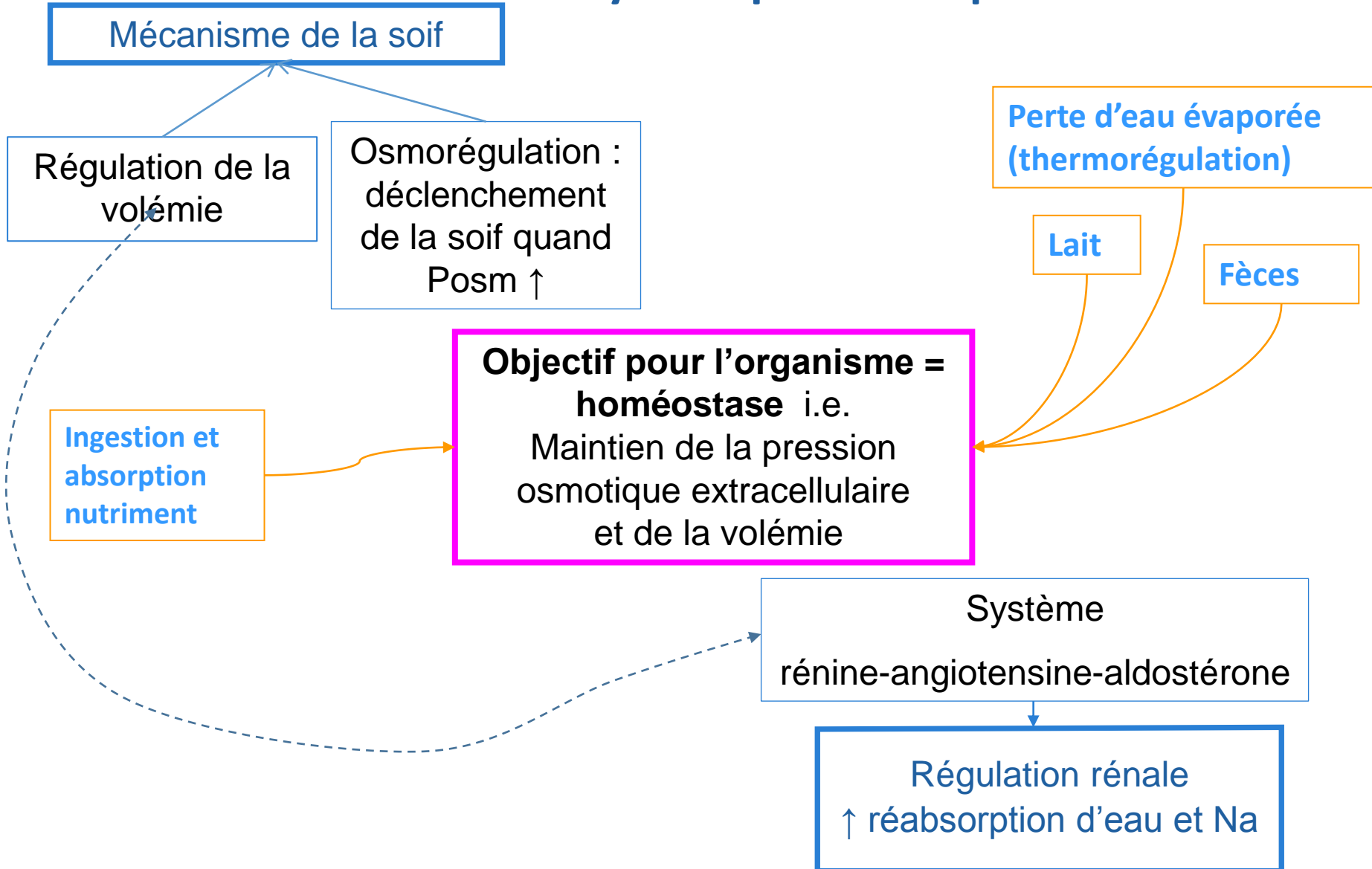
LES BESOINS EN EAU : ASPECTS QUANTITATIFS

Le bilan hydrique d'une vache laitière



Vache laitière PV = 600 kg, PL = 41.5 kg /j, à 14 °C,
ration complète 25% ensilage de maïs

La régulation du compartiment hydrique corporel



Les équations de la littérature

Auteur	Eau bue (l/j) =	%MS	MSI	T°C
Cardot et al. (2008)	$1.54 \times \text{MSI} + 1.33 \times \text{PL} + 0.89 \times \% \text{MS} + 0.57 \times \text{Tmin} - 0.3 \times \text{pluv} - 26.65$	48.1 ± 5.0	20.6 ± 3.3	2.8 ± 5.3
Meyer et al. (2004)	$1.516 \times \text{Tmoy} + 1.29 \times \text{PL} + 0.058 \times \text{PV} + 0.40 \times \text{Nal} - 26.12$	54.5 ± 9.5	20.5 ± 3.9	8.6 ± 7.1
Holter et Urban (1992)	$2.47 \times \text{MSI} + 0.6007 \times \text{PL} + 0.62 \times \% \text{MS} + 0.091 \times \text{JD} - 0.000257 \times \text{JD}^2 - 32.39$	49.6 ± 7.2	18.7 ± 2.8	Nd
Stockdale et King (1983)	$2.3 \times \text{MSI} + 0.0053 \times \% \text{MS} - 9.37$	28.9 ± 4.5	8.2 ± 1.0	11.5 ± 2.7
Murphy et al. (1983)	$1.58 \times \text{MSI} + 0.90 \times \text{PL} + 0.05 \times \text{Nal} + 1.20 \times \text{Tmin} + 15.99$	62 ± 0.5	19.0 ± 4.0	13.6 ± 8.4
Little and Shaw (1978)	$2.15 \times \text{MSI} + 0.73 \times \text{PL} + 12.3$	87.3 ± 1.6	13.3 ± 2.5	15 ± 0.7
Castle and Thomas (1970)	$2.53 \times \text{PL} + 0.45 \times \% \text{MS} - 15.30$	50.3 ± 15.7	15.3 ± 3.0	8.2 ± 2.7

→ Pb = extrapolation de ces équations. Peu d'équations développées sur une grande diversité de ration, paramètres prédictifs parfois difficiles à estimer (Nal), pas toujours de prise en compte de la température ambiante.

Conception d'équations valides sur une large gamme de rations et de niveaux de production

Bases de données rassemblées par Khelil-Arfa (2012). Animal, 6 : 1662-1676.

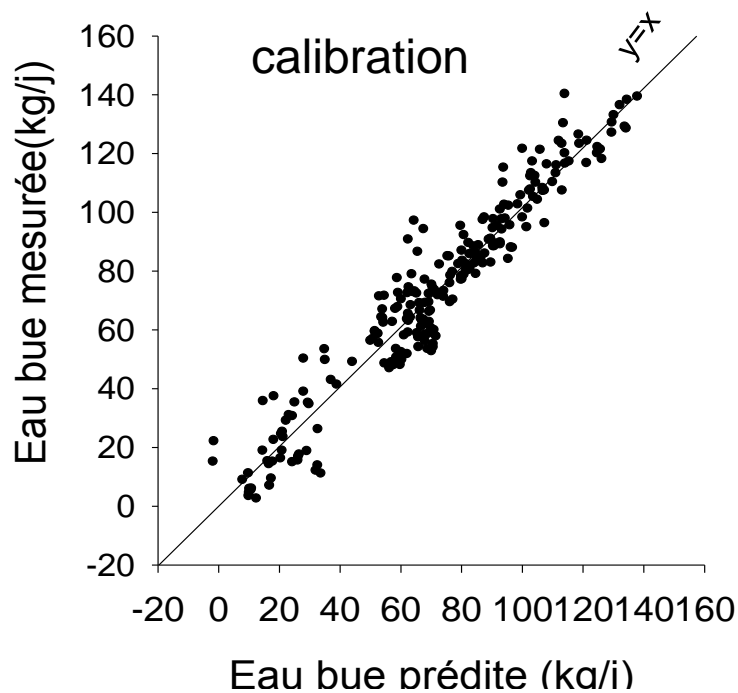
	Base INRA				Base Biblio de Validation			
	n	Mean	Min	Max	n	Mean	Min	Max
DMI (kg/day)	342	17.8	4.7	27.4	196	17.3	5.3	27.1
MY (kg/day)	281	24.9	5.5	42.2 ¹	164	28.8	5.6 ¹	45.1 ¹
BW (kg)	342	630	430	907	196	593	358	756
Diet composition								
DM (%)	342	61.4	11.5	91.4	196	57.4	14.6	89.0
CONC (%)	342	31.7	0.0	96.0	196	42.5	0.00	77.80
CPc (g/kg DM)	342	58.4	0.0	138.0	196	75.7	0.0	166.9
CPf (g/kg DM)	342	94.0	3.0	295.0	196	80.4	5.7	230.0

342 mesures individuelles des flux d'eau à l'échelle de l'animal réalisées à la ferme INRA de Méjusseume (281 sur vaches laitières, 61 sur vaches taries).
1 mesure = moyenne de 5 jours.

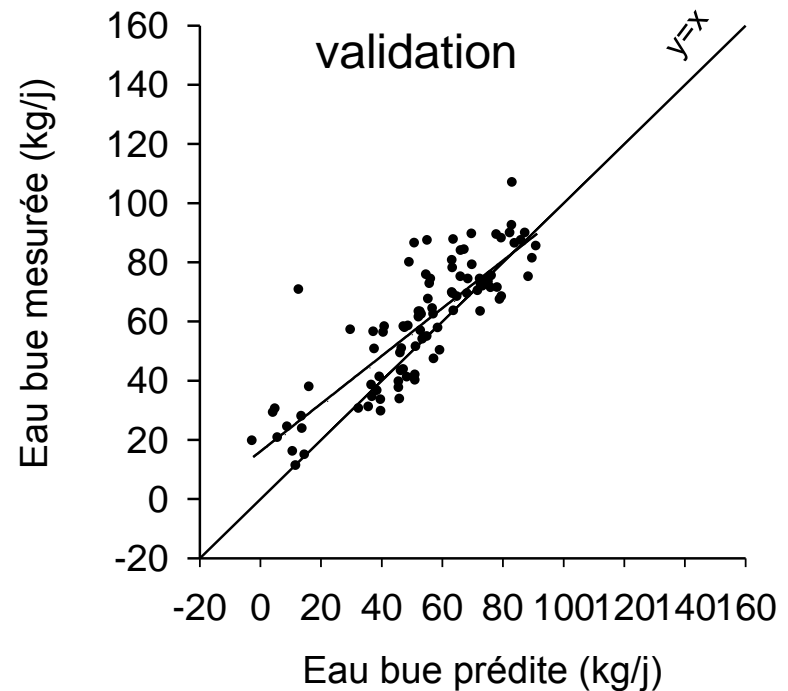
43 articles scientifiques = 164 lots expérimentaux de vaches laitières et 33 lots de vaches taries. 26 lots soumis a des température > 25°C

Facteurs de variation de l'eau bue à la thermoneutralité (Khelil-Arfa et al. 2012)

$$\text{Eau bue (kg/j)} = 0,83 \times \text{MS (\%)} + 3,22 \times \text{MSI (kg/j)} + 0,92 \times \text{PL (kg/j)} + 0,28 \times \text{CONC (\%)} + 0,037 \times \text{PoidsVif (kg)} - 77,6$$

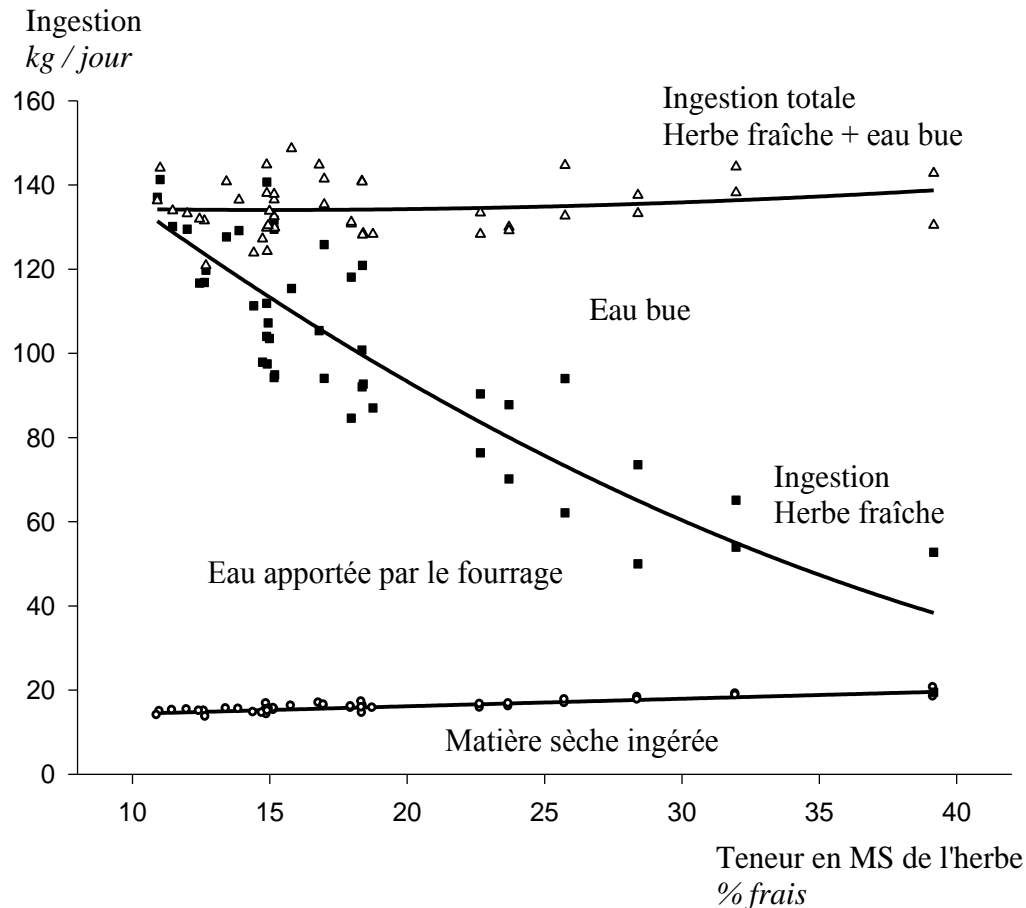


ETR = 9,4 kg/j=13% du flux



EMP = 13,6 kg/j =21% du flux

Influence de la teneur en MS de la ration sur l'ingestion d'eau et de MS chez la vache laitière



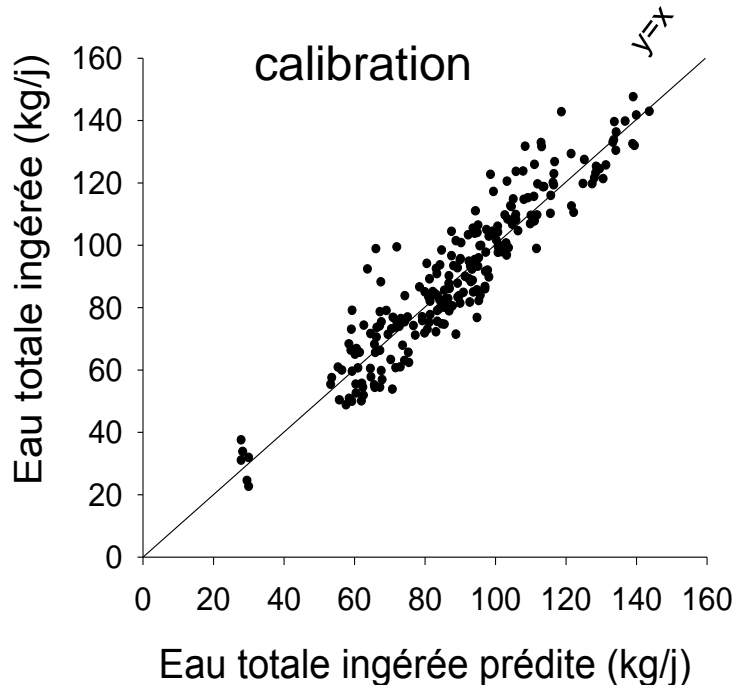
Expérimentation sur vaches laitières nourries avec une ration composée à 100% de ray-grass anglais, frais ou partiellement séché (thèse de Cabrera-Estrada, 2003).

Cabrera-Estrada, 2003

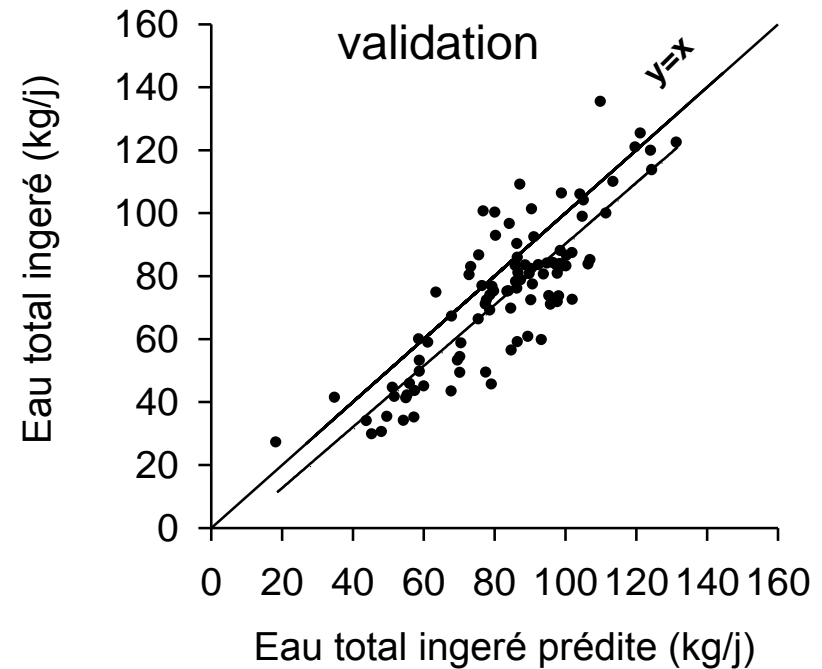
Facteurs de variation de l'eau totale ingérée à la thermoneutralité (Khelil-Arfa et al., 2012)

$$\text{Eau totale ingérée (kg/j)} = 3,89 \times \text{MSI (kg/j)} + 9,40 \cdot 10^{-4} \times \text{qtMATf}^2 \text{ (g/kg MSI)} + 0,81 \times \text{PL (kg/j)} - 0,08 \times \text{qtMATc (g/kg MSI)} - 0,94$$

Où $qtMATc$ et $qtMATf$ sont les teneurs de la ration en MAT provenant du concentré ou du fourrage (par exemple $qtMATc = \%conc * \text{teneur en MAT du concentré}/100$)

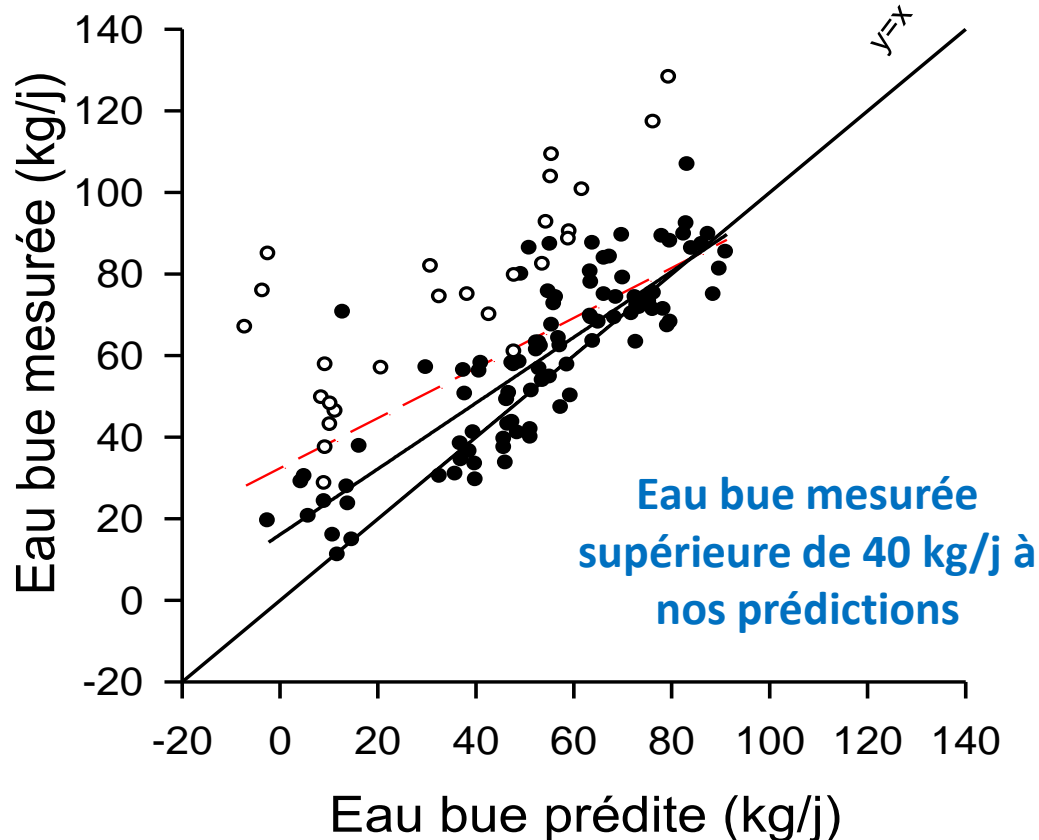


ETR = 8,9 kg/j = 10% du flux



EMP = 15,5 kg/j = 20% du flux

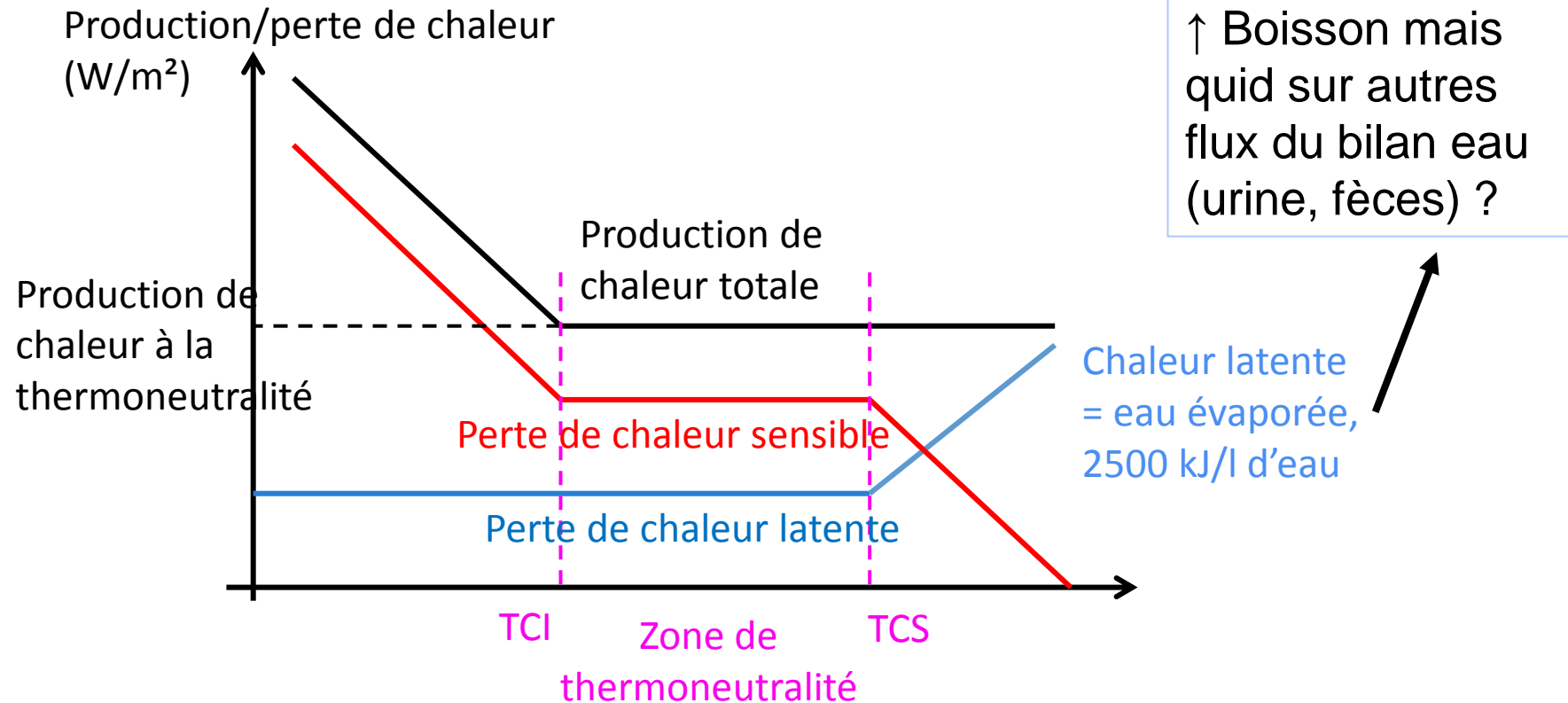
Lorsque le température dépasse 25°C : un besoin supplémentaire d'eau



Validation de l'équation
de Khelil-Arfa et al. 2012
sur une base de données
issues de la littérature.

- Mesures où $T_{amb} < 25^\circ\text{C}$
- Mesures où $T_{amb} > 25^\circ\text{C}$

La thermorégulation chez les animaux homéothermes



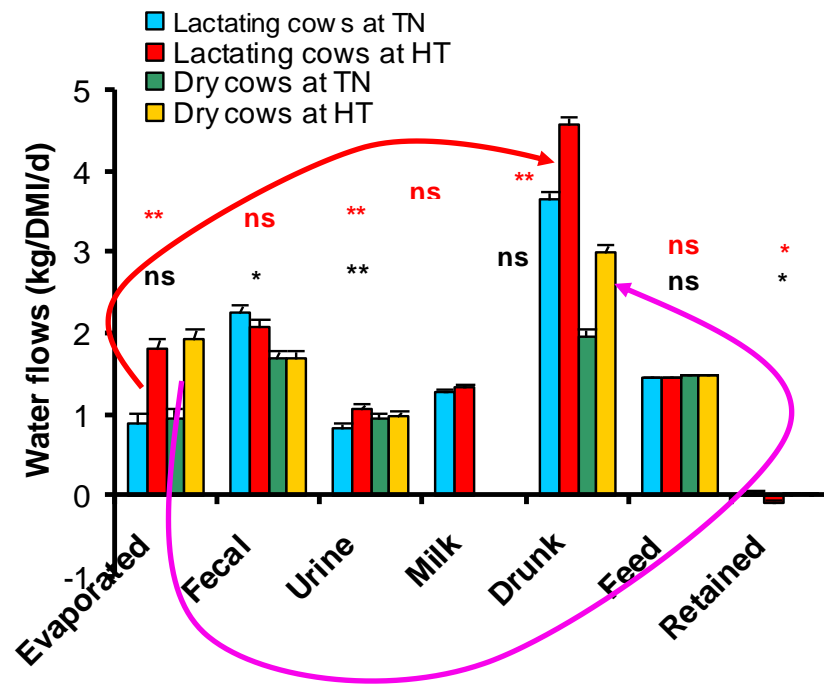
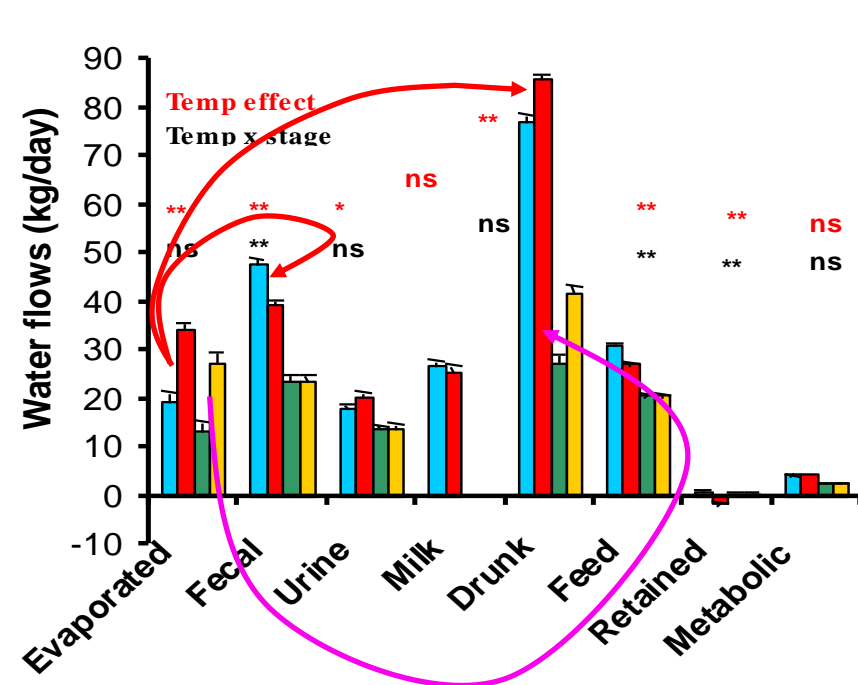
Dans la cas d'une vache laitière (20 kg lait/j) :

TCI = 5°C (Berman 2003)

TCS (Critères T^{ure} rectale & freq. Respiratoire) = 25°C (Berman et al. 1985)

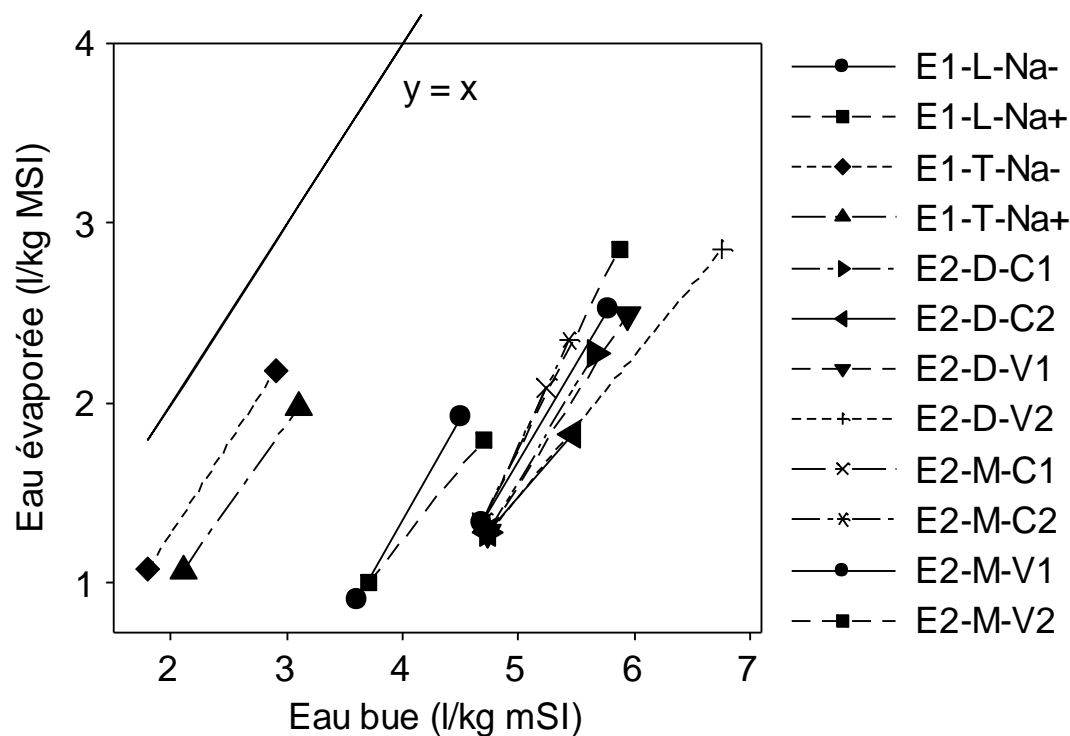
TCS (Critères évaporation i.e. ↑ Q latente) = 14°C (Silanikove, 2000)

La chaleur affecte le bilan eau des vaches par l'évaporation et la baisse de MSI



- 4 vaches en lactation et 4 vaches taries
- 4 traitement comparés (2 temp. ambiantes constantes 15 (TN) vs. 28°C (HT) croisées avec deux suppléments en sodium, 0.3 vs 0.6 % de la ration)
- 2 carrés latin 4x4 avec 4 périodes de 15 j et bilan eau mesurés lors des 3 derniers jours.

Compensation exclusive de l'eau évaporée par l'eau bue quand ces flux sont rapportés à l'ingestion



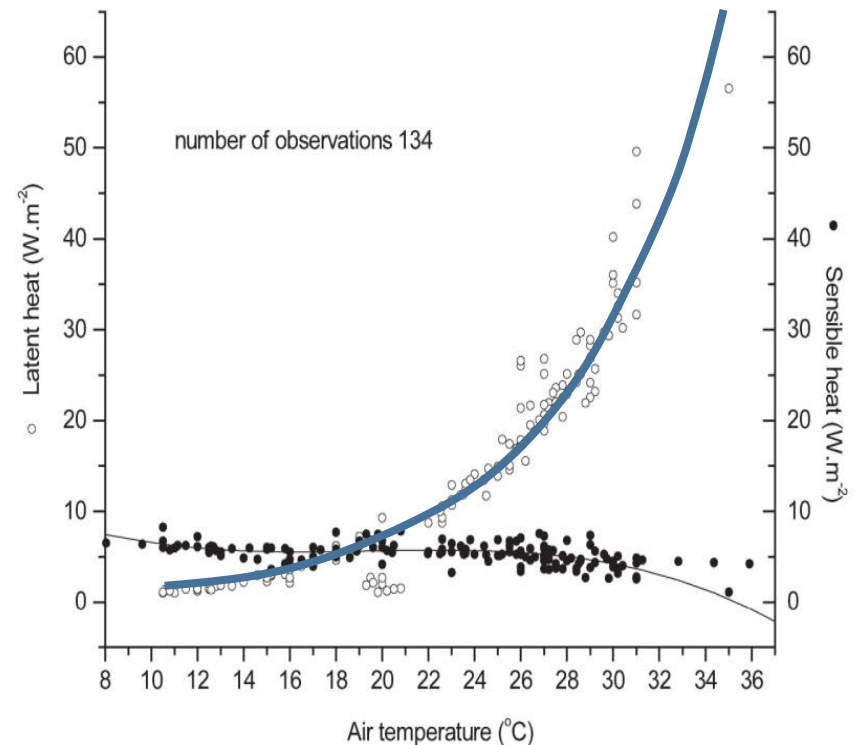
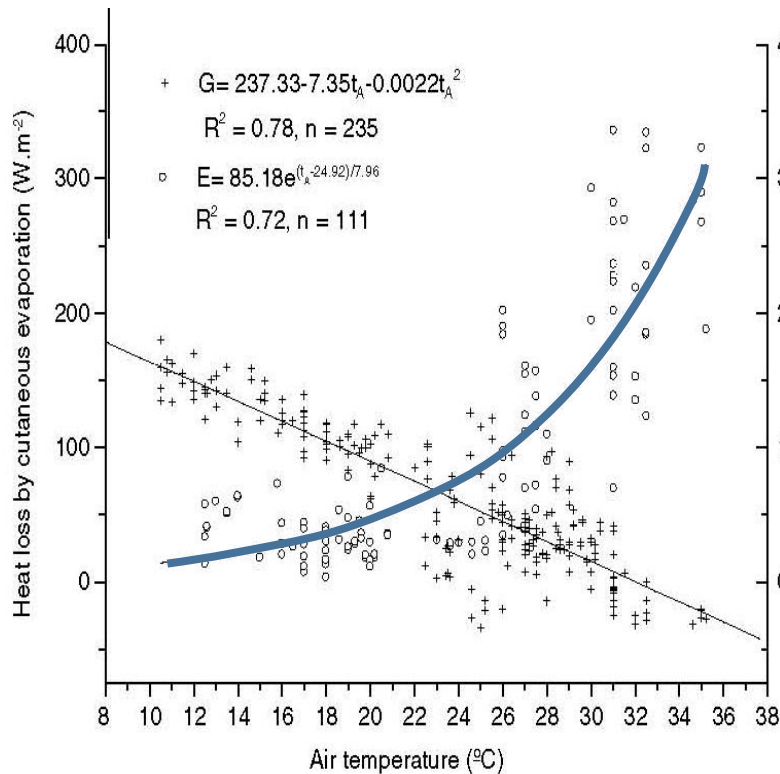
(Khelil-Arfa, 2012)

Relation entre l'eau bue et évaporée rapportées à la MSI lorsque la température ambiante augmente

(chaque symbole représente une comparaison entre un traitement de forte température et son témoin à la thermoneutralité sur un lot de 4 vaches en lactation ou tarées)

Modèles publiés des pertes de chaleur latente : exemple de Maia et al. (2005a, b)

Résultats issus de mesures des pertes d'eau instantanées (sur quelques minutes) par des masques respiratoires ou des capsules cutanées (Int. J. Biometeorol.49:332-336, 50:17-22)



A : Pertes de chaleur latente et sensible cutanée chez des vaches laitières = $Q_{lat} \text{ W/m}^2 = 85,18 \cdot \exp((temp - 24,92)/7,96)$ (Maia et al, 2005a)

B : Pertes de chaleur latente et sensible par respiration chez des vaches laitières = $Q_{lat} \text{ W/m}^2 = 2,253 \cdot \exp((temp - 12,022)/6,794)$ (Maia et al, 2005b)

Les équations de prédiction des besoins en eau capable d'intégrer la température

(1) $EauEvaporée_{Maia} (kg/j) = [(85,18 \times e^{(température - 24,92)/7,96} + 2,253 \times e^{(température - 12,022)/6,794})$
(EE)

Equations de Maia et al. (2005a,b)

$\times 0,13 \times \text{poids vif}^{0,556} \times 86,4] / 2500$

Surface de l'animal en m²
(Kibler et Brody 1950)

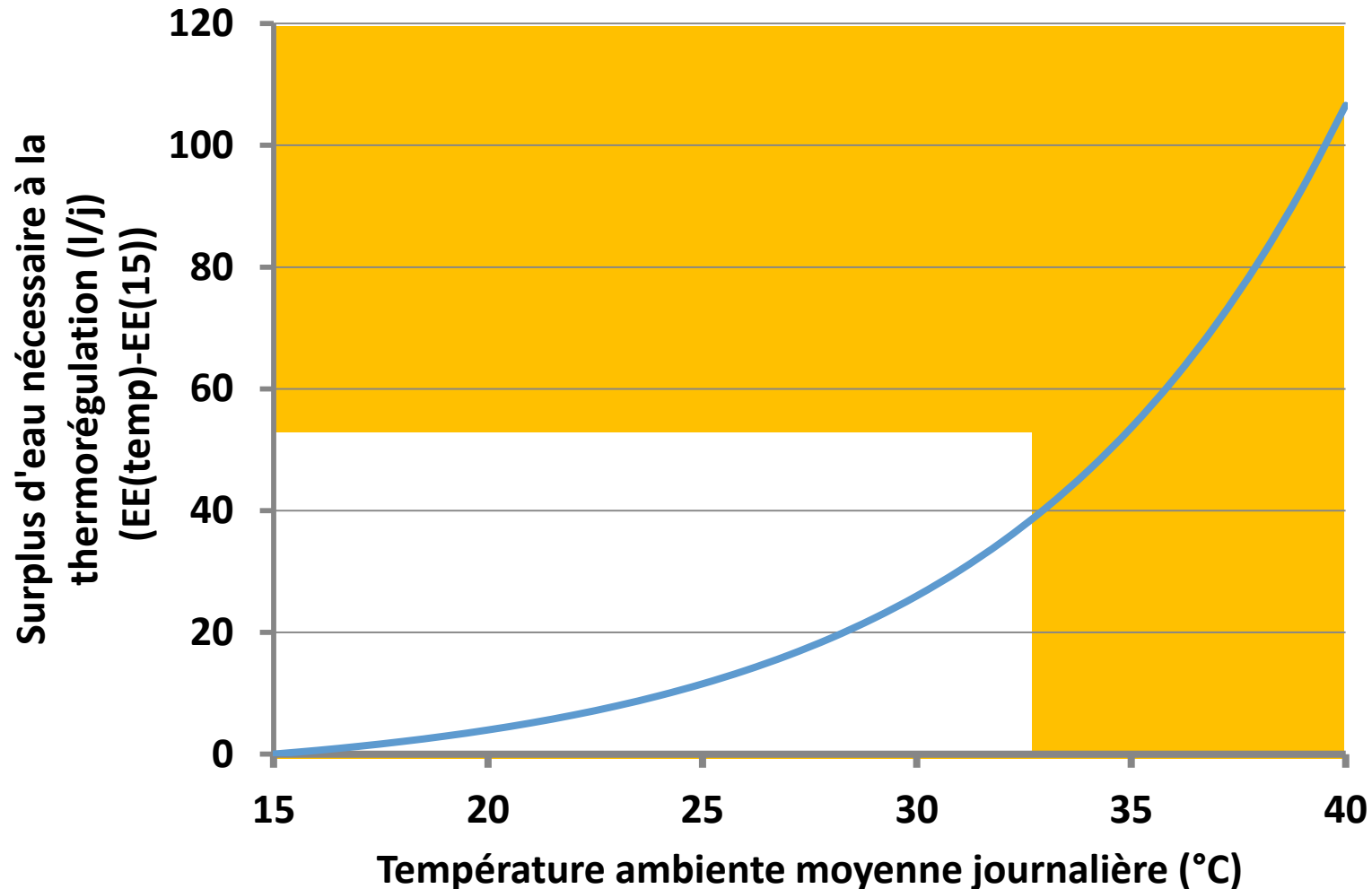
Conversion des W en kJ/j
et des J en L (2500 KJ/L)

(2)• Si la température moyenne est $\leq 15^{\circ}\text{C}$:

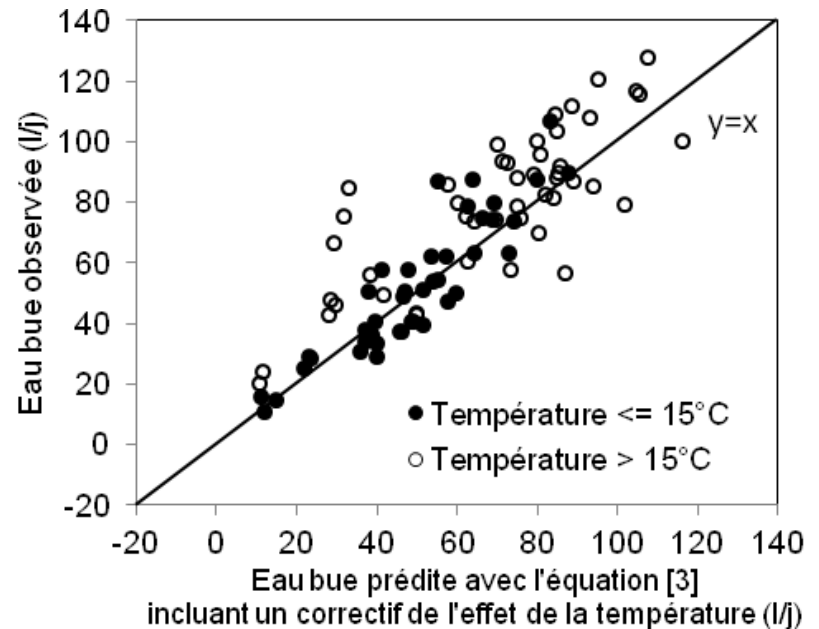
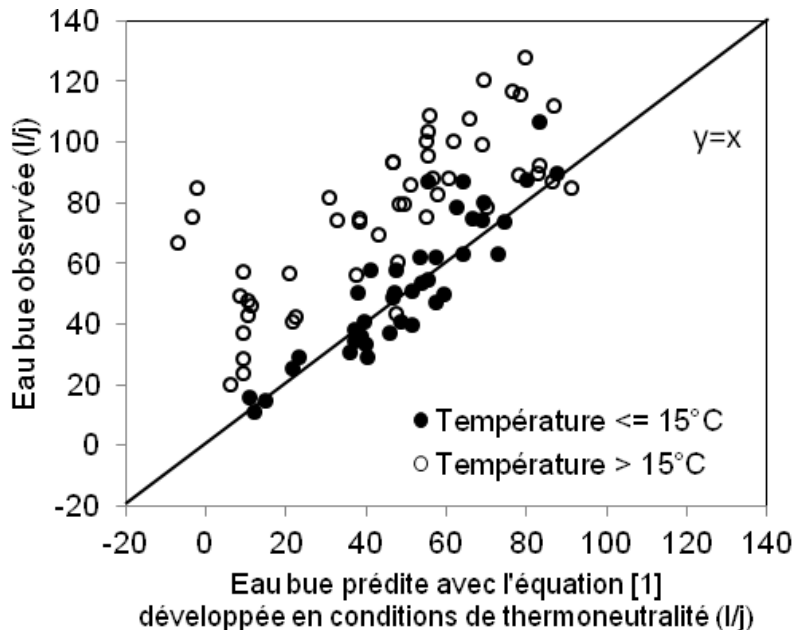
$$\text{Eau bue TN (kg/j)} = 0,83 \times \text{MS (\%)} + 3,22 \times \text{MSI (kg/j)} + 0,92 \times \text{PL (kg/j)} + 0,28 \times \text{CONC (\%)} + 0,037 \times \text{PoidsVif (kg)} - 77,6$$

- Si la température moyenne est $> 15^{\circ}\text{C}$:
 $\text{Eau bue (kg/j)} = \text{Eau bue TN} + \text{EE(température)} - \text{EE}(15^{\circ}\text{C})$
en considérant une ingestion (et une production) équivalente à celle attendue dans les conditions de température considérées.

Quantité d'eau nécessaire à la thermorégulation d'une vache de 600 kg



Validation de l'équation sur des données issues de la littérature



- Mesures où $T_{\text{amb.}} < 25^\circ\text{C}$
- Mesures où $T_{\text{amb.}} > 25^\circ\text{C}$

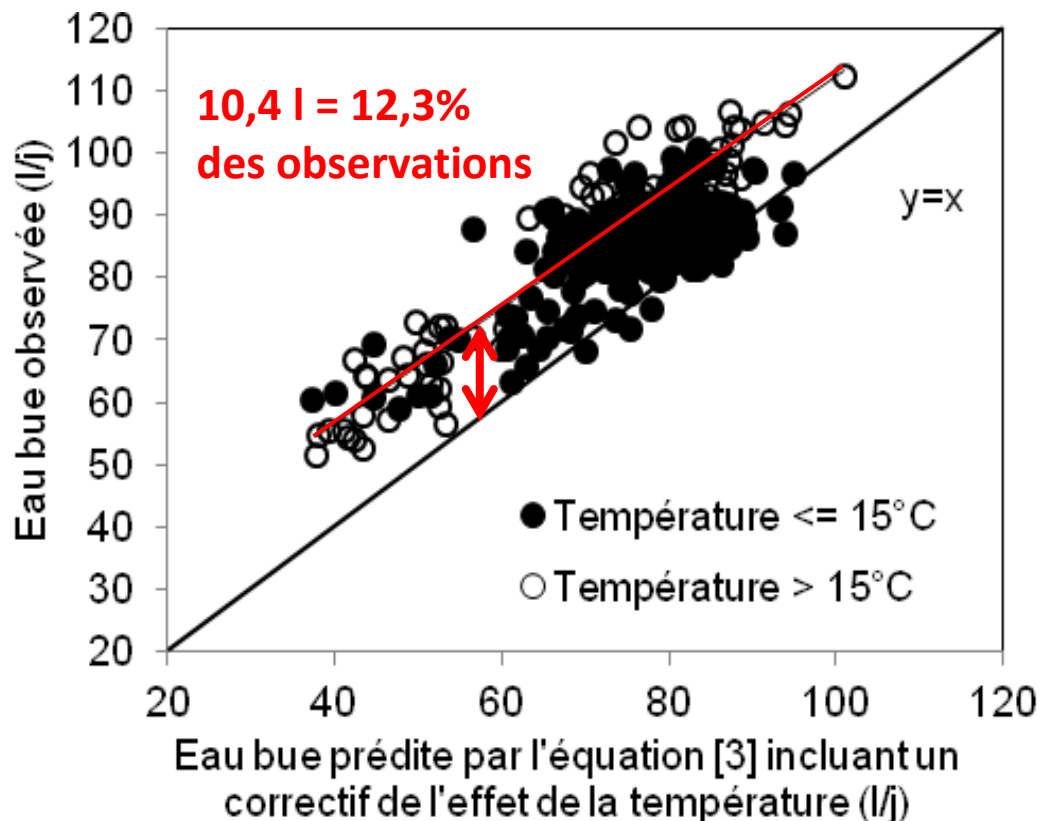
Equation de prédiction de l'eau bue à la thermoneutralité

Err. Moy. Préd. = 29,0 kg,
(45.2% de l'erreur sur un biais/moyenne).

Equation de prédiction de l'eau bue incluant l'effet de la température

Err. Moy. Préd. = 15,4 kg, (EMP relative de 25,0%),

Un effet du type d'abreuvoir



Validation de l'équation de prédiction de l'eau bue sur des données issues de relevés journaliers sur 2010-2011 des abreuvoirs d'un troupeau de 60 vaches laitières sur la ferme des Trinottières.
biais de 10,4 l, soit 12,3% de la moyenne observée.

Abreuvoirs à niveau constant (Trinottières) vs. abreuvoirs à palette (vaches en contrôle d'ingestion, base INRA et littérature) = +10 à 50 l de consommation journalière (Pinheiro Machado Filho, 2004).

Amélioration / INRA 1988

INRA 1988

Vaches laitières :

4.0 à 5.0 l d'eau /kg MSI taries

4.5 à 5.5 l d'eau /kg MSI lactation

+30% si température > 20°C

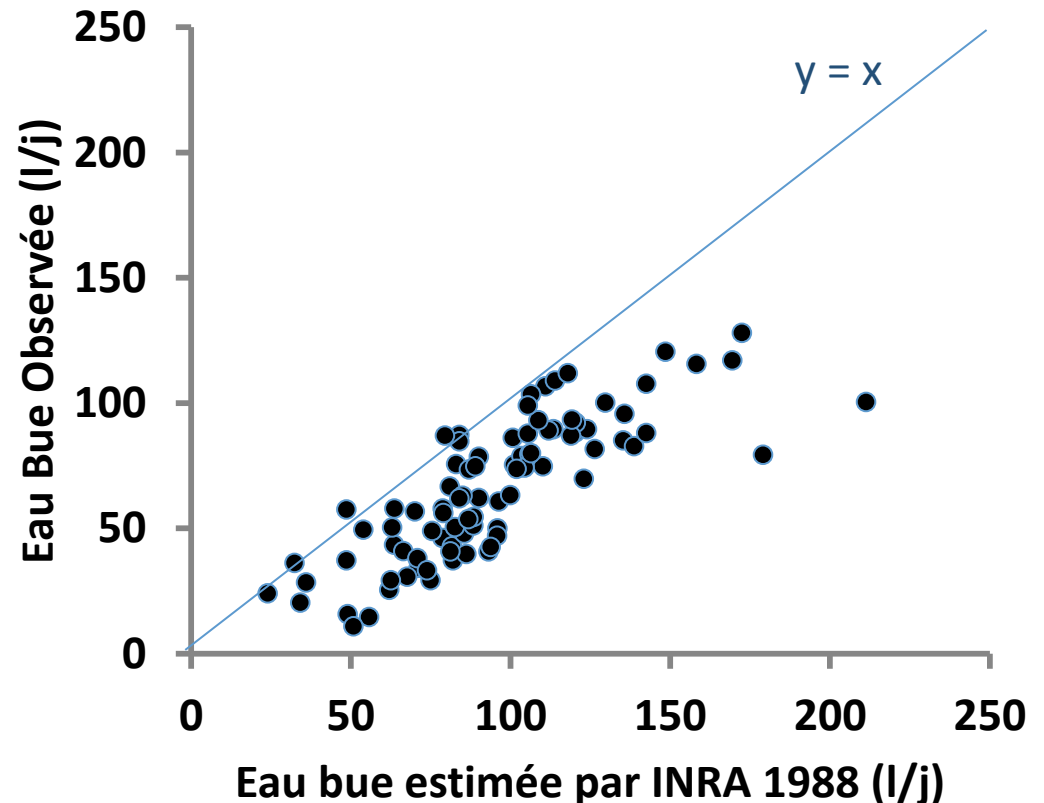
+50% si température > 25°C

+100% si température >30°C



Une surestimation
importante des volumes
d'eau à apporter.

Base de données rassemblée à partir de la
littérature par Khelil-Arfa et al. 2012



Accès à l'eau : recommandations pratiques

- Des points d'eau en quantité suffisante :
 - 1 abreuvoir pour 2 vaches en étable entravée
 - 1 abreuvoir pour 15-20 vaches dans les couloirs de circulation pour des vaches en logettes (GIE Pays de la Loire)
- Des points d'eau proches des zones d'alimentation, à moins de 100 m de parcours pour les vaches au pâturage.
- Attention au débit (suffisant pour remplir les abreuvoirs).
- Eventuellement estimer les consommations des vaches via le compteur général de l'exploitation (nettoyage du bloc traite = 20% des consommations d'eau totale CASDAR 8109).



LES BESOINS EN EAU : ASPECTS QUALITATIFS

Dangers biologiques et chimiques inhérents à la qualité de l'eau

- Dangers biologiques :

- Agents pathogènes transmissibles à l'homme (*E. Coli*, *Listeria*, *Salmonelle*, etc) ou non transmissibles (*E. Coli* souches colibacilloses, *Mycobactérium paratuberculosis*, etc)
- Agents pathogènes peu fréquents mais très graves en terme de morbidité et mortalité pour l'animal ou pour l'homme (*Bacillus anthracis* ou charbon bactérien par ex.)/moins graves mais plus fréquents et entraînant baisses de production et pertes économique.

- Dangers chimiques :

- Minéraux ou autres composés en excès (nitrates, sodium, sulfate, fer)
- Présence de composés toxiques (métaux lourds, hydrocarbures, pesticides)
- Influence de la nature géologique des terrains (Ar, Ca, Mg, Se, Chlorures, fluorures et sulfates) / pollutions diffuses (nitrates, pesticides, etc).
- Peu de toxicité aiguë mais exposition chronique pouvant conduire à une détérioration des performances et de la santé.

Des risques différents selon l'origine de l'eau

- Eaux de surface **(5 à 10% des élevages, GDS Mayenne)**
 - Vulnérables aux pollutions microbiologiques et chimiques (🔔 eaux stagnantes)
- Eaux souterraines prélevées dans des puits/forages privés **(60 à 70% des élevages, GDS Mayenne)**
 - (🔔 nappes libres-captives-superficielles)
- Eaux traitées à la ferme (traitements adaptés)
- Eau destinée à la consommation humaine **(20 à 30% des élevages, GDS Mayenne)**
- Eaux de pluie

Exemples de cas d'intoxication aiguë

- Intoxications par des cyanotoxines : des cas sporadiques de ruminants dans le monde (en France, des cas signalés surtout pour les animaux de compagnie).
- Botulisme : 2001, Brésil, région de Sao Paulo et Mato Grosse, 2850 bovins morts à la suite de troubles neurologiques aigus. Présence de toxines botuliques provenant vraisemblablement de débris de végétaux et de carcasses d'animaux en décomposition.
- Charbon bactérien : 10 cas / an en France en moyenne (Institut Pasteur, 2009). Juin 2009, 8 vaches laitières mortes de façon foudroyante dans le Puy de Dôme.
- Intoxication nitrates/nitrites : Inde 1997, 6 bœufs morts et quelques animaux en détresse respiratoire, teneur en nitrates de l'eau d'un forage récent : 1500 mg/l. Intoxication par les engrais.
- Contaminants chimiques : années 90, 4 élevages de 4000 veaux avec syndrome de veaux tristes dus à une contamination de l'eau provenant de l'isolant (mousse polyuréthane) d'une cuve de stockage de l'eau fissurée.



Spectaculaires mais rares !

La réglementation, les normes, les recommandations

Réglementation existante pour l'abreuvement

Codex alimentarius : eau 'de qualité adaptée aux animaux produits' et nécessité 'prendre les mesures nécessaires pour évaluer et réduire le plus possible les dangers'.

Règlement européen: L'eau d'abreuvement n'est pas considérée comme un aliment pour animaux.
Règlement no 183/2005 « Eau d'abreuvement d'un niveau de qualité adéquate »

Critères de qualité de l'Eau Destinée à la Consommation Humaine

, considérée comme une denrée alimentaire.

→ Tolérance nécessaire pour l'abreuvement en élevage de ruminants.

Des recommandations :

FAO, OMS (contrôle zoonoses d'origine hydrique), recommandations nationales (Pays-Bas, Allemagne, Australie, NZ, USA, Canada, Afrique du Sud).

En France, saisine de l'ANSES 2008-SA-0162 sortie en décembre 2010 :

<http://www.anses.fr/Documents/E AUX2008sa0162Ra.pdf>

Paramètres biologiques de qualité (recommandations ANSES 2010)

- Pas d'indicateur universel de l'ensemble des micro-organismes (μ) pathogènes.
Recherche exhaustive trop longue et coûteuse pour être réalisée en routine dans les élevages.
- Choix de paramètres d'alerte = indicateurs de contamination d'origine fécale (*Escherichia coli* et entérocoques intestinaux). NB: Ces indicateurs ne sont pas corrélés à la présence de certains μ pathogènes provenant des sols, des milieux hydriques ou de la faune sauvage (*Leptospira*).
- Seuils d'alerte
 - Eaux souterraines : > 10 UFC/100 ml
 - Eaux de surface : <100 UFC/100ml = eau de bonne qualité, entre 100 et 500 UFC/100 ml = eau de qualité moyenne (à éviter pour les jeunes animaux), entre 500 et 1000 UFC/100 ml = eau de qualité médiocre (acceptables pour les ruminants sevrés), > 1000 UFC/100 ml = eau de mauvaise qualité (usage à éviter).
- Si infection déclarée avec suspicion de transmission hydrique → recherche des μ responsables lorsque les méthodes d'analyses sont disponibles.
- Si observation visuelle de microalgues, ne pas utiliser l'eau ou rechercher la présence de cyanobactéries (voire si nécessaire de microcystine qui est la seule cyanotoxine analysable avec une méthode normalisée).

Paramètres chimiques d'alerte (recommandations ANSES 2010)

Paramètres d'alerte	Critère de qualité	Finalité de l'analyse
pH	$6 \leq \text{pH} \leq 9$	Détection des eaux agressives ou corrosives susceptibles de favoriser le relargage d'éléments minéraux provenant des canalisations et des réservoirs métalliques. pH > 9 inefficacité de la chloration.
Conductivité (C)	$200 \leq C \leq 1100$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C	Détection des eaux agressives ou corrosives. Une variation brutale de la conductivité d'une eau souterraine est un soupçon d'intrusion d'eau de surface.
Carbone organique totale (COT)	< 5 mg/l	Inefficacités de la chloration. Entre 2 et 10 mg/l rechercher l'origine du COT en eau souterraine. COT > 10 mg/l risque d'eutrophisation en eau de surface si présence de phosphore ou d'azote.

Paramètres chimiques à risque (recommandations ANSES 2010)

Paramètres à risque	Seuil de risque (mg/l)	Recommandations
Analyse au point d'entrée de l'exploitation		
Nitrates (NO ₃ ⁻)	> 100 mg/l	Risque pour les jeunes animaux. Surveiller les conditions de stockage (transformation en nitrites).
Fluorures	< 1.5 mg/l	'Toxine' cumulative, plus susceptible d'affecter les animaux vivant longtemps (vaches).
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	<225 mg/l	Cf. certains contextes géographiques (Vittel)
Fer total	< 12 mg/l	Si eau souterraine
Analyse au point d'abreuvement		
Cuivre	< 1 mg/l	Risque à évaluer si eau agressive et/ou corrosive + canalisations et réservoirs métalliques.
Fer total	< 12 mg/l	
Plomb	< 0.1 mg/l	
Zinc	< 12.5 mg/l	

Quelle fréquence d'analyses? (ANSES 2010)

- Eau du réseau public : pas d'analyse nécessaire.
- Autres sources (forage, surface, toiture???) : **au moins une analyse par an en routine (*E. coli*, Entérocoques intestinaux, COT, conductivité, pH et nitrates)**.
- La fréquence doit être accrue si :
 - Utilisation d'eaux de surface (rivières et mares), surtout si variations fortes et/ou prolongées de la pluviométrie (lessivage) ou de températures élevées (concentration de μ).
 - Apparition de maladies ou suspicion d'intoxication dans l'élevage.
- Lors de la création d'un forage ou d'une nouvelle source d'approvisionnement en eau, une analyse bactériologique et chimique plus complète est requise (cf. **critères de l'analyse de routine + teneurs en fluorures, sulfates, fer total au point d'entrée et cuivre, fer total plomb et zinc au point d'abreuvement**).

Autres recommandations sur le contrôle de la qualité de l'eau (ANSES 2010)

- Protection des captages (règlement et procédure administrative pour l'implantation d'un forage, terrain en périphérie des cuvelages et des tubages aménagés).
- Réseaux de distribution (prévention des retours d'eau, pas d'interconnexion entre réseau privé et public, matériaux de canalisation/produits et procédés de traitement conformes à la réglementation pour les réseaux à d'eau à destination de consommation humaine).
- Bonnes pratiques d'abreuvement et hygiène
 - Vidanges et nettoyage des abreuvoirs 1 fois par semaine,
 - Vidanges et nettoyage pour les réservoirs une fois par an.

Merci de votre attention !